

Aus dem Institut für Tierernährung
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. med. vet. Dr. h. c. M. Wanner

**Untersuchungen zur Pansen- und Klauengesundheit verschiedener
Wildwiederkäuerarten des Tiergarten Nürnberg im Zusammenhang
mit dem Fütterungsmanagement**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Barbara Schilcher

Tierärztin
von Karlsruhe, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

PD Dr. Annette Liesegang, Referentin
Prof. Dr. Hans Geyer, Korreferent

Zürich 2010

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	8
1 Zusammenfassung	10
2 Summary	11
3 Einleitung	12
3.1 Ziel der Arbeit.....	12
3.2 Die Wiederkäuer im zoologischen System.....	13
3.2.1 Taxonomische Einordnung.....	13
3.2.2 Einteilung der Wiederkäuer nach dem Ernährungstyp	14
3.2.2.1 Konzentratselektierer	15
3.2.2.2 Gras- und Raufutterfresser	15
3.2.2.3 Intermediärtyp	15
3.2.3 Vorstellung der untersuchten Tierarten	16
3.2.3.1 Dybowskihirsch	16
3.2.3.2 Mähnenpringer	17
3.2.3.3 Mendesantilope.....	18
3.2.3.4 Hirschziegenantilope.....	19
3.3 Der mehrhöhlige Wiederkäuermagen	20
3.3.1 Funktionelle Morphologie des Pansens.....	21
3.3.1.1 Makroskopie.....	21
3.3.1.2 Histologie	22
3.3.2 Aspekte der Vormagenphysiologie.....	23
3.3.2.1 Kohlenhydratabbau.....	23
3.3.2.2 Regulation des Pansen pH-Wertes.....	25
3.3.2.3 Proteinstoffwechsel.....	25
3.4 Anatomische Grundlagen der Wiederkäuerklaue	28
3.4.1 Kronsegment	28
3.4.2 Wandsegment	29
3.5 Der Pansenazidosekomplex	31
3.5.1 Vorkommen bei Zoowiederkäuern.....	31
3.5.2 Formen der Pansenazidose	31
3.5.2.1 Akute Pansenazidose	32
3.5.2.2 Subklinische Pansenazidose	33

3.5.3	Auswirkungen auf die Klauen	35
4	Material und Methoden	38
4.1	Untersuchte Tierarten	38
4.1.1	Haltungsbedingungen.....	38
4.1.2	Gesundheitszustand der Herden.....	39
4.1.3	Bestand und Auswahl der Untersuchungstiere	40
4.1.4	Fütterung	42
4.1.4.1	Verwendete Futtermittel.....	43
4.1.4.2	Dybowskihirsche	44
4.1.4.3	Mähnspringer	45
4.1.4.4	Mendesantilopen.....	46
4.1.4.5	Hirschziegenantilopen.....	47
4.2	Probenentnahme.....	48
4.2.1	Tiere	48
4.2.1.1	Pansensaft	48
4.2.1.2	Pansenschleimhaut.....	48
4.2.1.3	Blut.....	49
4.2.1.4	Klaue	49
4.2.2	Futtermittel.....	50
4.3	Analysen	51
4.3.1	Tiere	51
4.3.1.1	Pansensaft	51
4.3.1.1.1	pH-Wert Messung	51
4.3.1.1.2	Kurzkettige Fettsäuren	51
4.3.1.1.3	Weitere chemische Parameter	51
4.3.1.2	Makroskopische Beurteilung der Verdauungsorgane	51
4.3.1.3	Pansenwand	52
4.3.1.3.1	Probenaufarbeitung.....	52
4.3.1.3.2	Histologische Methode	53
4.3.1.3.3	Beurteilung und Befunddokumentation	53
4.3.1.4	Blut.....	53
4.3.1.5	Klaue	54
4.3.1.5.1	Herstellung der Kryoschnitte	54
4.3.1.5.2	Färbung der Kryoschnitte	55

4.3.1.5.3	Beurteilung und Befunddokumentation	55
4.3.2	Futter	56
4.3.2.1	Futtermittelanalyse.....	56
4.3.2.1.1	Probenvorbereitung.....	56
4.3.2.1.2	Trockensubstanz und Rohnährstoffe	56
4.3.2.1.3	Gerüstsubstanzen	57
4.3.2.2	Rationsberechnung.....	58
4.4	Statistische Methoden.....	59
5	Resultate.....	60
5.1	Tiere	60
5.1.1	Körpergewicht.....	60
5.1.2	Pansensaft.....	61
5.1.2.1	ph-Wert	61
5.1.2.2	Kurzkettige Fettsäuren.....	61
5.1.2.2.1	Gesamtmenge.....	61
5.1.2.2.2	Prozentualer Anteil	62
5.1.2.2.3	Zusammenhang mit Gewicht und pH-Wert	62
5.1.2.3	Laktat	63
5.1.2.4	Ammoniak	63
5.1.3	Makroskopische Beurteilung der Verdauungsorgane.....	64
5.1.4	Histologie der Pansenwand.....	65
5.1.5	Blutchemische Parameter	72
5.1.6	Klauen	72
5.1.6.1	Makroskopische Beurteilung.....	72
5.1.6.2	Beurteilung der Kryoschnitte.....	73
5.2	Futter.....	75
5.2.1	Rationsberechnung	75
5.2.1.1	Rationszusammensetzung.....	75
5.2.1.2	Trockensubstanzaufnahme.....	76
5.2.1.3	Rohproteinaufnahme	77
6	Diskussion	78
6.1	Körpergewicht	78
6.2	Pansenparameter.....	79
6.2.1	Parameter der mikrobiellen Fermentation	79

6.2.1.1	pH-Wert.....	79
6.2.1.2	Kurzkettige Fettsäuren.....	80
6.2.1.3	Laktat	82
6.2.1.4	Ammoniak	82
6.2.2	Histologie und Makroskopie	84
6.3	Blutchemische Parameter	86
6.3.1	L-Laktat.....	86
6.3.2	Nicht esterifiziert Fettsäuren (NEFA).....	87
6.4	Klauen	89
6.5	Beurteilung der Fütterung	90
6.5.1	Kritik der Methodik.....	90
6.5.2	Wiederkäuergerechtigkeit.....	91
6.5.3	Proteingehalt der Rationen und Proteinaufnahme	93
6.5.4	TS-Aufnahme	94
6.5.5	Beurteilung der Fütterungstechnik.....	95
6.6	Subklinische Pansenazidose	96
6.7	Fütterungsempfehlung	101
6.7.1	Gras- und Raufutterfresser.....	101
6.7.2	Intermediärtyp.....	101
7	Literaturverzeichnis.....	102
8	Anhang	114
8.1	Gehalt an Trockensubstanz und Nährstoffen (in % der TS) der verwendeten Futtermittel.....	114
8.2	Schätzwerte der Tierbestände zum Zeitpunkt der Futterwägung	115
8.2.1	Hirschziegenantilopen	115
8.2.2	Mähnspringer.....	116
8.2.3	Dybowskihirsche.....	117
8.2.4	Mendesantilopen	118
8.3	Berechnete Rationen	119
8.3.1	Hirschziegenantilopen	119
8.3.2	Mähnspringer.....	120
8.3.3	Dybowskihirsche.....	121
8.3.4	Mendesantilopen	122
8.4	Rationsvorschläge.....	123

8.4.1 Hirschziegenantilopen	123
8.4.2 Mähnspringer.....	124
8.4.3 Dybowskihirsche.....	125
8.4.4 Mendesantilopen	126
Präsentation	127
Danksagung	128
Curriculum vitae	

Abkürzungsverzeichnis

AB-PAS	Alcianblau-Perjodsäure-Schif'sches Reagenz
Abb	Abbildung
ADF	Acid-Detergent Fibre
ADL	Acid-Detergent-Lignin
CH ₄	Methan
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
D	Dybowskihirsch
G	Gefäße
g	Gramm
GR	Gras- und Raufutterfresser
H	Hirschziegentilope
h	Stunde
HE	Hämalaun-Eosin
IM	Intermediärtyp
J	Jahre
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
kkFS	kurzkettige Fettsäuren
KM ^{0,75}	metabolische Körpermasse
KS	Konzentratselektierer
l	Liter
L	Lymphozyten
Lf	Lymphfollikel
M	Mendesantilope
m ²	Quadratmeter
Ma	Mikroabszess
mg	Milligramm
µg	Mikrogramm
min	Minute
ml	Milliliter
mmol	Millimol

Mo.	.....	Monat
MW	.....	Mittelwert
n	.....	Anzahl
N	.....	Stickstoff
NDF	.....	Neutral-Detergent Fibre
NEFA	.....	Non-Esterified Fatty Acids
NfE	.....	N-freie Extraktstoffe
NH ₃	.....	Ammoniak
NPN	.....	Nicht-Protein-Stickstoff
p	.....	Signifikanz
PAS	.....	Perjodsäure-Schif'sches Reagenz
R ²	.....	Korrelationskoeffizient
Ra	.....	Rohasche
Rfa	.....	Rohfaser
Rfe	.....	Rohfett
Rp	.....	Rohprotein
S	.....	Mährenspringer
SCFA	.....	Short chain fatty acids
SF	.....	Standartfehler
So	.....	Sommer
spp.	.....	Spezies
Str	.....	Stratum
Tab	.....	Tabelle
TS	.....	Trockensubstanz
U	.....	Umdrehung
Wi	.....	Winter

1 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war, die Pansen- und Klauengesundheit verschiedener Wiederkäuerarten - Hirschziegenantilope, Mähnspringer, Dybowskihirsch, Mendesantilope - des Tiergarten Nürnberg im Zusammenhang mit dem Fütterungsmanagement zu untersuchen.

Jeweils fünf getötete Tiere der oben genannten Wiederkäuerarten standen für diese Arbeit zur Verfügung. Parameter der mikrobiellen Fermentation des Pansens (pH, kkFS, Laktat, NH_3), Blutwerte (L-Laktat, NEFA) sowie Gewebeproben der Pansenwand wurden analysiert. Darüber hinaus wurden die Klauen auf Anzeichen einer Klauenrehe untersucht. Auf der Basis von Futterwägungen und Nährstoffanalysen erfolgte eine Rationsberechnung.

Bei drei Wiederkäuerarten - Hirschziegenantilope, Mähnspringer, Mendesantilope - alle Gras- und Raufutterfresser, wurden deutliche Merkmale der subklinischen Pansenazidose auf Grund einer zu kohlenhydratreichen und rohfasearmen Diät ermittelt. Dies wurde insbesondere durch ausgeprägte Mikroabszesse in der Pansenschleimhaut sowie mittlere pH-Werte im Pansen $< 6,5$ belegt. Die Dybowskihirsche, welche als Intermediärtyp klassifiziert werden, schienen eine Futterrationsration mit hohem Kraftfutteranteil zu tolerieren, da keine pathologischen Veränderungen gefunden wurden.

Diese Ergebnisse machen deutlich, dass die subklinische Pansenazidose bei Wildwiederkäuern in Gefangenschaft immer noch ein bedeutendes Problem darstellt, da diese Tiere häufig mit Rationen reich an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten gefüttert werden.

2 Summary

The aim of this study was to investigate the rumen and claw health of different ruminant species - blackbuck, barbary sheep, sika deer, addax antelope - from the Nuremberg Zoo according to the feeding management.

Five killed individuals of the ruminant species mentioned above, were used in this study. Parameters of microbiological fermentation of the rumen (pH, SCFA, lactate, NH_3), blood values (l-lactate, NEFA) as well as rumen tissue samples were examined. Additionally, investigations on claw health, in terms of laminitis were made. The diets were calculated based on the weight of the feedstuffs and nutrition analysis.

Three species - blackbuck, barbary sheep, addax antelope - all grass- and roughage feeders, showed severe characteristics of subacute ruminal acidosis due to a diet high in fermentable carbohydrates and low in fibre. This was particularly proved by numerous microabscesses inside the rumen mucosa and mean rumen pH < 6,5. The sika deer, classified as intermediate feeder, appeared to tolerate the diet with a high concentrate rate, since no pathological variations were present.

These results demonstrate that subacute ruminal acidosis is still a serious problem in captive wild ruminants, which are often fed wrong diets with a high concentration of easily digestible carbohydrates.

3 Einleitung

3.1 Ziel der Arbeit

Die Fütterung der Wildwiederkäuer in zoologischen Gärten verfolgt im Gegensatz zur Nutztierfütterung nicht das Ziel der Leistungsmaximierung, sondern strebt vielmehr Gesundheit und Langlebigkeit in Verbindung mit einer physiologischen Reproduktionsrate an (COENEN und KAMPHUES 1995). Trotz diesem entscheidenden Unterschied sind die Vorstellungen über die Fütterung von Zoowiederkäuern geprägt von wissenschaftlichen Erkenntnissen, die an Hauswiederkäuern, zu über 90% an Schafen und Rindern, erarbeitet wurden. HOFMANN (1995) weist darauf hin, dass Wiederkäuer hochdifferenzierte Pflanzenfresser sind, die sich langfristig nicht als Fermentationsträger mit Standardrationen versorgen lassen. IPPEN und HENNE (1985, 1988) und HATT et al. (1995) stellen bei der Auswertung von Sektionsergebnissen die besondere Anfälligkeit der Zoowiederkäuer für Erkrankungen der Verdauungsorgane fest, was ein Hinweis auf die nach wie vor noch nicht optimale Ernährung dieser Tiere ist. Insbesondere Pansenveränderungen sind Anzeichen für eine nichtwiederkäuergerechte Ernährung (HATT et al. 1995).

Mit der vorliegenden Arbeit soll die Pansengesundheit sowie deren Einfluss auf die Klauengesundheit verschiedener Wildwiederkäuerarten - Hirschziegenantilope, Dybowskihirsch, Mähnspringer, Mendesantilope - des Tiergarten Nürnberg überprüft und in Zusammenhang mit dem Fütterungsmanagement dieser Tiere gestellt werden.

3.2 Die Wiederkäuer im zoologischen System

3.2.1 Taxonomische Einordnung

Die Wiederkäuer (*Ruminantia*) sind eine Unterordnung der Ordnung Paarhufer (*Artiodactyla*), die zur Klasse der Säugetiere (*Mammalia*) gehört. Die sehr heterogene Gruppe der Wiederkäuer vereint zum einen sehr kleine Arten, wie z. B. die Hirschferkel (*Tragulidae*), aber auch sehr grosse wehrhafte Waffenträger, wie z. B. die Hirsche (*Cervidae*). Unter ihnen sind jedoch vor allem die verschiedensten leichtfüssigen Fluchttiere, wie z.B. Gazellen und Antilopen vertreten. Allen diesen sonst so verschiedenen Tierarten ist die Ausgestaltung des Magens zu einem mehrhöhligen Magen und die Fähigkeit, bereits abgeschluckte Nahrung wiederzukauen, gemeinsam. Den Wiederkäuern eröffnen sich durch diese Besonderheit zwei herausragende Vorteile gegenüber anderen Pflanzenfressern: Zum einen können Wiederkäuer die Zeit zur Nahrungsaufnahme, die meist in deckungsarmen, gefährlichen Gebieten stattfindet, auf ein Minimum verkürzen, um dann die Nahrung zu einem späteren Zeitpunkt in Deckung gründlich zu kauen. Zum anderen erschliesst die Symbiose mit Mikroben, welche im Vormagen der Wiederkäuer optimale Lebensbedingungen vorfinden, dem Tier Nahrungsquellen, die mit Hilfe körpereigener Enzyme nicht nutzbar wären (GRZIMEK 2000).

Die heute lebenden Vertreter der Unterart *Ruminantia* werden in zwei Teilordnungen eingeteilt: Die Zwerghirsche (*Tragulina*) mit der einzigen Familie Hirschferkel (*Tragulinae*) und die Stirnwaffenträger (*Pecora*), die je nach Ausbildung der Stirnwaffen in folgende vier Familien eingeteilt werden: Hirsche (*Cervidae*), Giraffen (*Giraffidae*), Gabelhornträger (*Antilocapridae*) und Hornträger (*Bovidae*) (GRZIMEK 2000).

3.2.2 Einteilung der Wiederkäuer nach dem Ernährungstyp

Auf der Grundlage ernährungs-ethologischer und physiologisch-biochemischer Merkmale teilt HOFMANN UND STEWART (1972) die Gruppe der Wiederkäuer in drei sich überlappende Ernährungstypen ein:

- Konzentratsselektierer (KS)
- Gras- und Raufutterfresser (GR)
- Intermediärtyp (IM)

Diese Einteilung wird inzwischen weltweit anerkannt und berücksichtigt die enge Verzahnung zwischen ökologischer Einnischung, physiologischer Spezialisierung und morphologischer Anpassung (HOFMANN 1976).

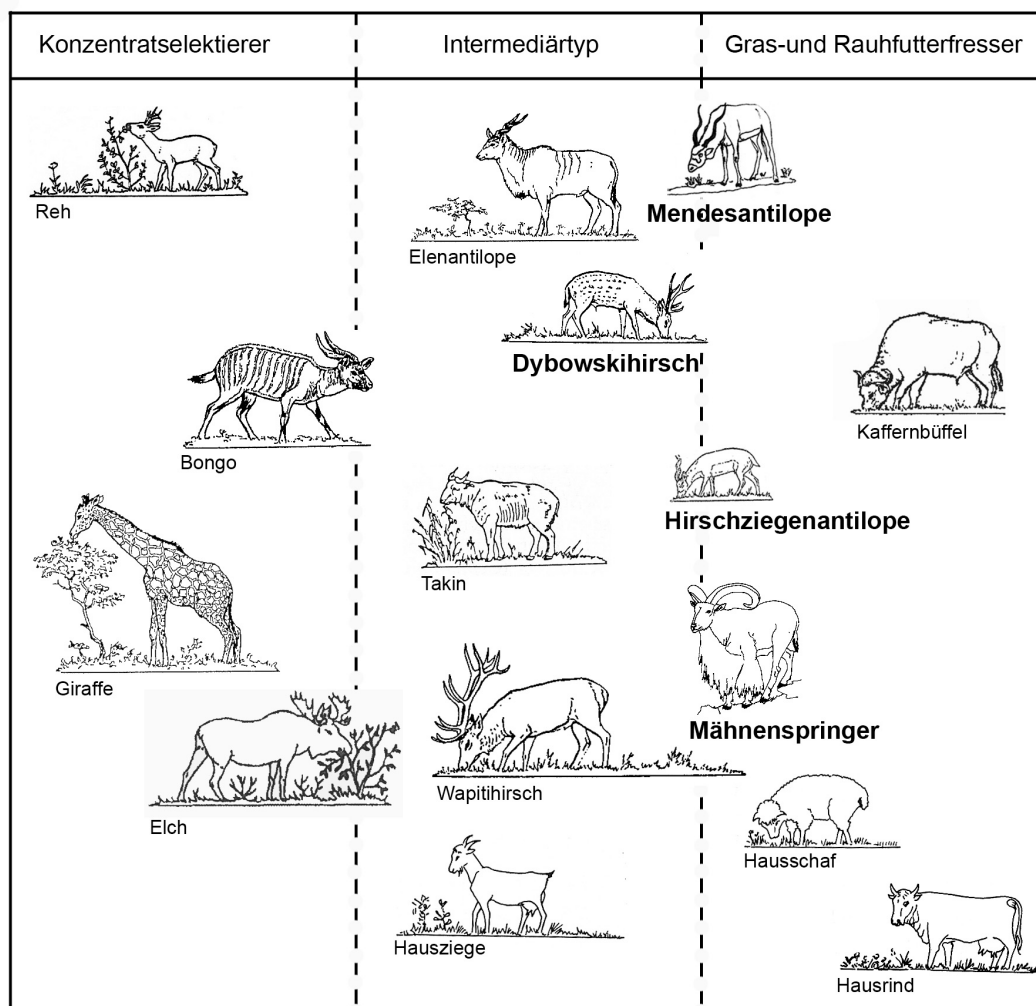


Abb. 1: Verschiedene Wiederkäuerarten und ihre Stellung im System der Ernährungstypen (modifiziert nach HOFMANN 1982,1985,1989,1991b)

3.2.2.1 Konzentratselektierer

Die Konzentratselektierer, zu denen etwa 40 % der Wiederkäuerarten zählen, sind die evolutionär ältesten Wiederkäuer und sind bereits vor mehr als 20 Millionen Jahren noch vor der Entwicklung der rohfaserhaltigen Gräser entstanden. Das Grundprinzip ihres Verdauungssystems ist durch extreme Selektivität auf rohfaserarme, energie- und nährstoffreiche Pflanzen bzw. Pflanzenteile und durch eine fraktionierte Vormagen- und Dickdarm-Fermentation charakterisiert (HOFMANN 1991A).

3.2.2.2 Gras- und Raufutterfresser

Die ausschliesslich grasfressenden Wiederkäuer bezeichnet HOFMANN (1976) entwicklungsgeschichtlich als die jüngsten und höchstentwickelten Wiederkäuerarten. Etwa 25 % der Wiederkäuerarten zählt er zu dieser Gruppe, wie z.B. die domestizierten Hauswiederkäuer Rind und Schaf. Ihr Verdauungssystem hat morphologisch und physiologisch den Höchststand der Spezialisierung auf rohfaserreiche Nahrung erreicht. Die Cellulose- und Hemicelluloseverdaulichkeit liegt in der Regel bei über 80 %, was PRINS et al. (1983) an verschiedenen Wildwiederkäuern (z.B. Yak, Kaffernbüffel, Oryx-Antilope) aus Zoohaltung, nachweisen konnten.

3.2.2.3 Intermediärtyp

Zwischen den Konzentratselektierern und den Gras- und Raufutterfressern, die sowohl morphophysiologisch als auch ökoethologisch im Nahrungsverhalten und in der Nahrungsnischenwahl extrem unterschiedlich sind, steht die Gruppe des Intermediärtyps. Diese Gruppe umfasst 35 % aller Wiederkäuerarten und nimmt eine typische Mittelposition ein, wobei sich oftmals deutliche Tendenzen zu einer der beiden Extremgruppen darstellen. Die Vertreter dieser Gruppe nehmen in der Regel eine Mischnahrung auf, wobei sie in ihrer Nahrungswahl opportunistisch–optimierend vorgehen. Sie sind in der Lage jahreszeitliche oder habitatbedingte Engpässe durch strukturelle Umbauvorgänge im Verdauungsapparat, insbesondere im Schleimhautbereich, auszugleichen und gelten somit als biologisch besonders „erfolgreich“ (HOFMANN 1976,1989,1991A).

3.2.3 Vorstellung der untersuchten Tierarten

3.2.3.1 Dybowskihirsch

Klasse:	Säugetiere (<i>Mammalia</i>)
Ordnung:	Paarhufer (<i>Artiodactyla</i>)
Unterordnung:	Wiederkäuer (<i>Ruminantia</i>)
Teilordnung:	Stirnwaffenträger (<i>Pecora</i>)
Familie:	Hirsche (<i>Cervidae</i>)
Unterfamilie:	Echthirsche (<i>Cervinae</i>)
Gattung:	Fleckenhirsche (<i>Axis</i>)
Untergattung:	<i>Sika</i>
Art:	Sikahirsch (<i>Cervus nippon</i>)
Unterart:	Dybowskihirsch (<i>Cervus nippon dybowskii</i>)

(GRZIMEK 2000)



Abb. 2: Dybowskihirsch

Dybowskihirsche haben eine Kopf-Rumpf-Länge von 105-155 cm, eine Standhöhe (=Widerristhöhe) von 75-110 cm und ein Gewicht zwischen 25 und 110 kg (REHKÄMPER 1999).

Ihre Fellfarbe unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Im Sommer tragen die Dybowskihirsche ein fuchsrotes Fell mit grossen weissen Flecken, wohingegen das Haarkleid im Winter einfarbig graubraun und struppig erscheint.

Die natürliche Heimat der Dybowskihirsche ist Ostasien, wo sie sich bevorzugt in Wäldern und Sümpfen aufhalten. Ihr natürlicher Bestand gilt als gefährdet (TIERGARTEN NÜRNBERG 2007). Dybowskihirsche sind relativ anspruchslose Tiere mit hoher Widerstandskraft, die tiefen Temperaturen selbst bei karger Nahrung trotzen (GRZIMEK 2000). Ernährungsphysiologisch lassen sich Dybowskihirsche dem Intermediärtyp mit starker Tendenz zum Gras- und Raufutterfresser zuordnen (MARHOLDT 1991).

3.2.3.2 Mähnspringer

Klasse: Säugetiere (*Mammalia*)
Ordnung: Paarhufer (*Artiodactyla*)
Unterordnung: Wiederkäuer (*Ruminantia*)
Teilordnung: Stirnwaffenträger (*Pecora*)
Familie: Hornträger (*Bovidae*)
Unterfamilie: Ziegenartige (*Caprinae*)
Gattungsgruppe: Böcke (*Caprini*)
Gattung: *Ammotragus*
Art: Mähnspringer (*Ammotragus lervia*)
(GRZIMEK 2000)



Abb. 3: Mähnspringer
(Tiergarten Nürnberg 2007)

Mähnspringer, oder auch Mähnschafe genannt, nehmen eine Zwischenstellung zwischen Ziegen und Schafen ein, da sie Merkmale beider Tiergruppen vereinen. Von der äusserlichen Gestalt ähneln sie der Ziege, auf der Grundlage eines Vergleichs von Serumproteinen wurde jedoch eine nähere Verwandtschaft zu den Schafen festgestellt. Grösse und Gewicht dieser Tiere unterliegen einem ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus. Männliche Mähnspringer erreichen eine Kopf-Rumpf-Länge von 155-165 cm, eine Standhöhe von 90-100 cm und ein Gewicht zwischen 100 und 140 kg, wohingegen die deutlich kleineren Weibchen eine Kopf-Rumpf-Länge von 130-140cm, eine Standhöhe von 75-90 cm und ein Gewicht zwischen 40 und 55 kg aufweisen. Das Fell ist gelblich braun und ohne besondere Zeichnungen. Die Mähne ist besonders bei den Böcken auffällig und hängt von der Unterseite des Halses und der Vorderbeine nahezu bis zum Boden herab, bei den Weibchen ist sie hingegen nur unauffällig ausgebildet. Sowohl männliche als auch weibliche Mähnspringer tragen Hörner mit einem dreieckigen Querschnitt (GRZIMEK 2000). Das natürliche Verbreitungsgebiet dieser Tiere ist die trockene Felsenwüste in Afrika, nördlich der Sahara (TIERGARTEN NÜRNBERG 2007). Mittlerweile findet man eingebürgerte Mähnspringer jedoch auch in den USA im Oberlauf des Canadian River sowie in felsigen, pazifischen Küstengebieten Mittelarizonas (PUSCHMANN 2004). Mähnspringer leben von harten Büschen und Gräsern und können lange Zeit ohne Wasser auskommen (GRZIMEK 2000) und gelten deshalb als selektive Gras- und Raufutterfresser mit Tendenz zum Intermediärtyp (MARHOLDT 1991).

3.2.3.3 Mendesantilope

Klasse: Säugetiere (*Mammalia*)
Ordnung: Paarhufer (*Artiodactyla*)
Unterordnung: Wiederkäuer (*Ruminantia*)
Teilordnung: Stirnwaffenträger (*Pecora*)
Familie: Hornträger (*Bovidae*)
Unterfamilie: Pferdeböcke (*Hippotraginae*)
Gattungsgruppe: Spiessböcke (*Orygini*)
Gattung: *Addax*
Art: Mendesantilope (*Addax nasomaculatus*)
(GRZIMEK 2000)



Abb. 4: Mendesantilope
(Tiergarten Nürnberg 2007)

Mendesantilopen haben eine rentierartige Gestalt mit einer Kopf-Rumpf-Länge von 150-170 cm, einer Standhöhe von 95-115 cm und einem Gewicht zwischen 60 und 125 kg. Das Haarkleid ist gelbbraun bis gelbweiss mit einer auffälligen weissen Gesichtsmarkierung. Im Winter ist es länger und gröber als im Sommer. Die Hufe der Mendesantilope sind niedrigflach mit einer platten Sohlenfläche, die nicht in Sohle und Ballen unterteilt ist. Auffällig sind die Hörner, die in grossen flachen Schraubenwindungen schräg nach caudodorsal und etwas auswärts gerichtet sind und einen nahezu rundlichen Querschnitt aufweisen.

Ihre natürliche Herkunft sind die Wüsten und Halbwüsten Nordafrikas, insbesondere Ägypten, Algerien, Libyen und Senegal. Heutzutage findet man Mendesantilopen in freier Wildbahn kaum noch. Wirtschaftliche Herdenhaltung von Haustieren und Hobbyjagd haben den Bestand in ihrem früheren Verbreitungsgebiet drastisch vermindert. Gegenwärtig geht man von nur noch 500 freilebenden Tieren aus (TIERGARTEN NÜRNBERG 2007). Mendesantilopen ernähren sich vorwiegend von Gräsern und Kräutern, Wasser können sie wochen- bis monatelang entbehren (GRZIMEK 2000). Ernährungsphysiologisch werden sie den Gras- und Raufutterfressern oder dem Intermediärtyp mit Tendenz zum Gras- und Raufutterfresser zugeordnet (HUMMEL et al. 2008)

3.2.3.4 Hirschziegenantilope

Klasse: Säugetiere (*Mammalia*)
Ordnung: Paarhufer (*Artiodactyla*)
Unterordnung: Wiederkäuer (*Ruminantia*)
Teilordnung: Stirnwaffenträger (*Pecora*)
Familie: Hornträger (*Bovidae*)
Unterfamilie: Gazellenartige (*Antilopinae*)
Gattungsgruppe: Antilopini
Gattung: *Antilope*
Art: Hirschziegenantilope (*Antilope cervica*)
(GRZIMEK 2000)

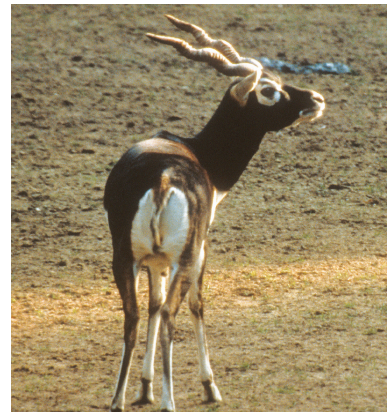


Abb. 5: Hirschziegenantilope
(Tiergarten Nürnberg 2007)

Hirschziegenantilopen, auch Sasin oder Schwarzbock genannt, sind von gazellenartiger Gestalt mit einer Kopf-Rumpf-Länge von 100-150 cm, einer Standhöhe von 60-85 cm und einem Gewicht zwischen 25-45 kg (GRZIMEK 2000). Das äussere Erscheinungsbild dieser Tiere unterliegt einem ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus. Männliche Tiere (Abb. 5) sind auf der Oberseite und Beinaussenseite schwarzbraun bis blauschwarz, während das Fell der weiblichen Tiere an diesen Stellen sandfarben bis gelbbraun erscheint. Die Bauchunterseite, die Beininnenseite und der Bereich um die Augen sind bei allen Tieren scharf weiss abgegrenzt (PUSCHMANN 2004). Die schraubenförmig um die Längsachse gedrehten und quer gewulsteten Hörner sind nur bei männlichen Tieren ausgebildet (GRZIMEK 2000).

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Hirschziegenantilopen liegt in Pakistan und Indien, wo sie sich bevorzugt in offenen Ebenen mit lockerem Waldbestand aufhalten (TIERGARTEN NÜRNBERG 2007; REHKÄMPER 1999). In Folge intensiver Bejagung ist der natürliche Bestand jedoch zurückgegangen (GRZIMEK 2000) und wird als stark gefährdet eingestuft (TIERGARTEN NÜRNBERG 2007). Hirschziegenantilopen werden ernährungsphysiologisch von HOFMANN (1991B) den Gras- und Raufutterfressern mit Tendenz zum Intermediärtyp zugeordnet.

3.3 Der mehrhöhlige Wiederkäuermagen

Der Magen der Wiederkäuer ist ein mehrhöhlig-zusammengesetzter Magen mit den vier Abteilungen Pansen (*Rumen*), Netzmagen oder Haube (*Reticulum*), Blättermagen (*Psalter*) und Lab- oder Drüsenmagen (*Abomasum*) (VOLLMERHAUS und Roos 2004).

Die ersten drei Abteilungen lassen sich als Vormagen (*Proventriculus*) zusammenfassen. Sie repräsentieren den biologischen Vorteil dieses Verdauungssystems in Form der Vorverlagerung der bakteriellen Vergärung in den Vorderdarmbereich und die damit verbundene energiesparende Verwertung grösserer Pflanzenbestandteile, sowie die Mitverdauung des bakteriellen Eiweisses (SALOMON 2008; HOFMANN und SCHNORR 1982).

Der Lab- bzw. Drüsenmagen (*Abomasum*) ist mit dem einhöhligen Magen anderer Tierarten vergleichbar (VOLLMERHAUS und Roos 2004).

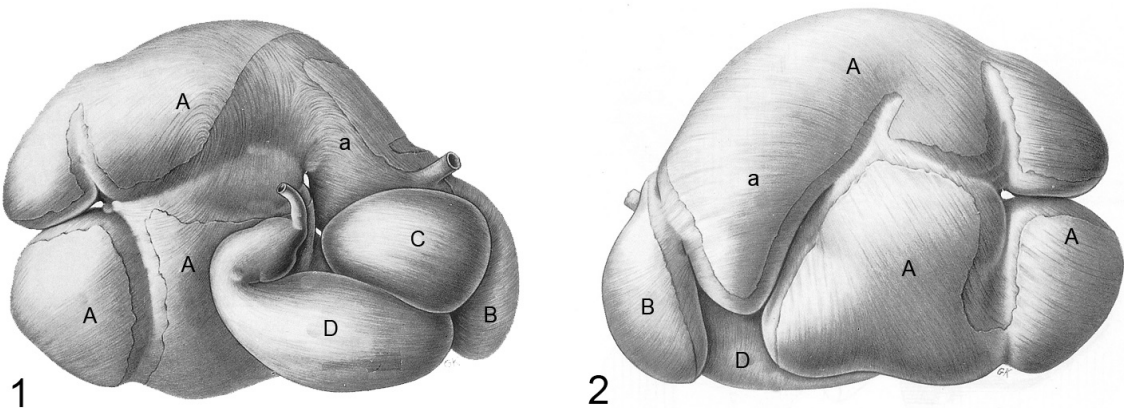


Abb. 6: Wiederkäuermagen

1= linke Seitenansicht 2= rechte Seitenansicht

A = Pansen mit a= Atrium ruminis (Schleudermagen)

B= Netzmagen, Haube

C= Blättermagen,

D= Labmagen

(modifiziert nach VOLLMERHAUS und Roos 2004)

3.3.1 Funktionelle Morphologie des Pansens

3.3.1.1 Makroskopie

Der Pansen ist die grösste Abteilung des Vormagensystems und beim Gras- und Raufutterfresser relativ gesehen voluminöser und durch Furchen und Falten im Inneren stärker unterteilt als beim Konzentratsselektierer (HOFMANN 1976). Die Pansenschleimhaut ist drüsenfrei und trägt ein derbes, vielschichtiges verhornendes Plattenepithel. Typisches Element der Pansenschleimhaut sind die der Oberflächenvergrösserung dienenden Pansenzotten (VOLLMERHAUS und ROOS 2004). Die Zahl, Form und Grösse der Pansenzotten und damit der für die Resorption entscheidende Oberflächenvergrösserungsfaktor ist nach HOFMANN und SCHNORR (1982) beim Wildwiederkäuer zum einen von dem jeweiligen gruppenspezifischen Ernährungstyp, zum anderen bei freier Futterwahl vom Einfluss des jahreszeitlich wechselnden Nährstoffangebotes abhängig. Bei Gras- und Raufutterfressern ist das Schleimhautrelief des Pansens durch ein regional unterschiedliches Zottenverteilungsmuster gekennzeichnet (Abb.7). Das Hauptresorptionszentrum (*Atrium ruminis*) mit seinen dichtesten und längsten Zotten wird ergänzt durch einen ähnlich dichten Zottenbesatz am Boden der Blindsäcke und in den Pfeilernischen. Während die Seitenwände beider Pansensäcke Übergangszonen darstellen, verringern sich Zahl und Grösse der Zotten prinzipiell an der Ventral- und vor allem der Dorsalwand. Die muskulösen Pansenpfeiler sind bei diesem Ernährungstyp stets zottenfrei. Im Gegensatz hierzu besitzen die Konzentratsselektierer ein viel gleichmässiger mit Zotten besetztes Pansenschleimhautrelief ohne zottenfreie Zonen. Vertreter des Intermediärtyps zeichnen sich durch eine besonders augenfällige strukturelle Adaptation des Pansenschleimhautreliefs, die in direkter Abhängigkeit zum wechselnden Nahrungsangebot steht, aus (HOFMANN und SCHNORR 1982).

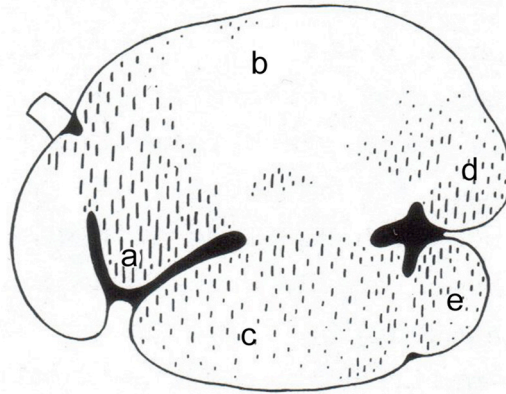


Abb. 7: Schematische Darstellung eines Pansens und dessen Schleimhautrelief von einem Gras- und Raufutterfresser (HOFMANN und SCHNORR 1982)

a = Atrium ruminis, b = dorsaler Pansensack, c = ventraler Pansensack, d = dorsaler Blindsack, e = ventraler Blindsack

3.3.1.2 Histologie

Die Pansenschleimhaut der Wiederkäuer trägt ein mehrschichtiges, verhornendes Plattenepithel, dessen bindegewebiges Grundgerüst die *Lamina propria mucosae* bildet (LIEBICH 2010). Die Schichtung und die Nomenklatur der Zelltypen sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Schichtung des Pansenepithels (SCHNORR und VOLLMERHAUS 1967)

Histologie	Zytologie
<i>Stratum basale</i>	Basalzellen
<i>Stratum spinosum profundum</i>	Parabasalzellen
<i>Stratum spinosum superficiale</i>	Intermediärzellen
<i>Stratum granulosum</i>	Körnerzellen Typ A
	Körnerzellen Typ B
	Hornzellen Typ A = Hornplättchen
<i>Stratum corneum</i>	Hornzellen Typ B
	Hornzellen Typ C = Ballonzellen

Sowohl die *Lamina epithelialis* als auch die *Lamina propria mucosae* unterliegen ernährungsbedingten Einflüssen (LIEBICH 2010; HOFMANN und SCHNORR 1982). In Zeiten mit hohem Nährstoffangebot ist der Papillarkörper stark ausgeprägt und das

Epithel auffallend hoch und wenig verhornt. Das *Str. corneum* ist die oberste Schicht im Pansenepithel. Es setzt sich aus mehreren differenzierten Zelltypen (Hornzellen A-C) zusammen, wobei insbesondere die, durch die zweite Quellung entstehenden Ballonzellen, charakteristisch sind (HOFMANN und SCHNORR 1982; LIEBICH et al. 1987). In nährstoffungünstigen Zeiten überwiegen innerhalb des *Str. corneums* eindeutig die platten Hornzellen vom Typ A und bilden mehrere Schichten abgeflachter Hornplättchen (HOFMANN und SCHNORR 1982).

3.3.2 Aspekte der Vormagenphysiologie

3.3.2.1 Kohlenhydratabbau

Die Kohlenhydrate Zucker, Stärke, Cellulose, Hemicellulose, und Pektine werden durch mikrobiell gebildete Enzyme im Pansen abgebaut. Das zentrale Intermediärprodukt dieses Abbaus ist Pyruvat, aus dem die kurzkettigen Fettsäuren, in erster Linie Acetat, Propionat und Butyrat, sowie die Pansengase Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4) entstehen (Abb.8).

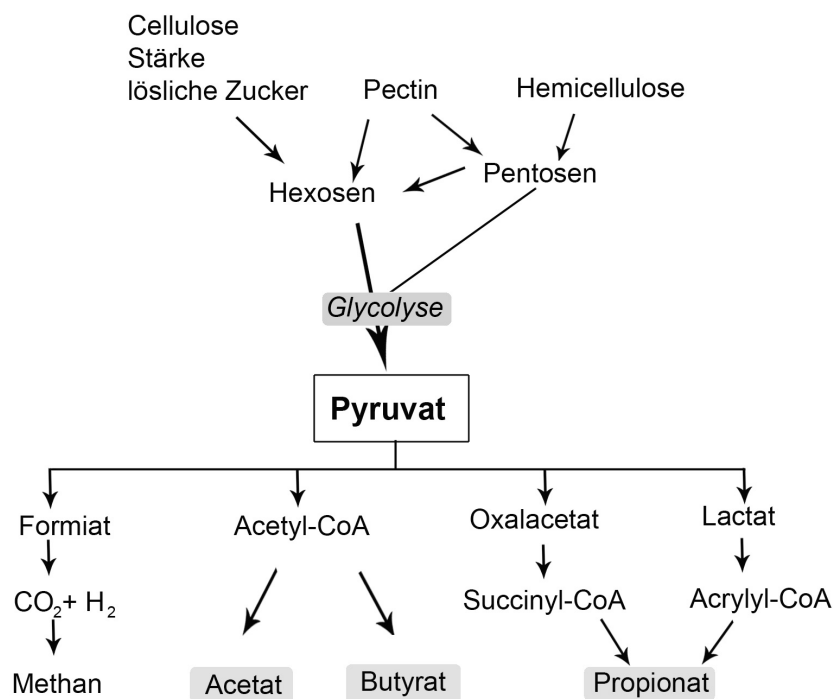


Abb. 8: Schematische Darstellung zur Bildung der wichtigsten Endprodukte des mikrobiellen Kohlenhydratabbaus im Pansen (modifiziert nach FRANCE und SIDDONS 1993)

Das Fettsäuremuster im Pansen ist von mehreren Faktoren, wie der Menge der mit dem Futter aufgenommenen Kohlenhydrate, der physikalischen Struktur des Futters, dem pH-Wert und der Mikroorganismenpopulation abhängig (KAY 1983), wobei der Acetatanteil, ungeachtet des Ernährungstypes, unter physiologischen Bedingungen stets überwiegt (VAN HOVEN und BOOMKER 1985). Steigt der Anteil an leicht verdaulichen Kohlenhydraten im Futter und sinkt der pH-Wert, so verringert sich, wie in Abb. 9 zu sehen, der Acetatanteil zu Gunsten des Propionats und der Anteil an Butyrat steigt an (BREVES und LEONHARD-MAREK 2010; STEVANS und HUME 1995).

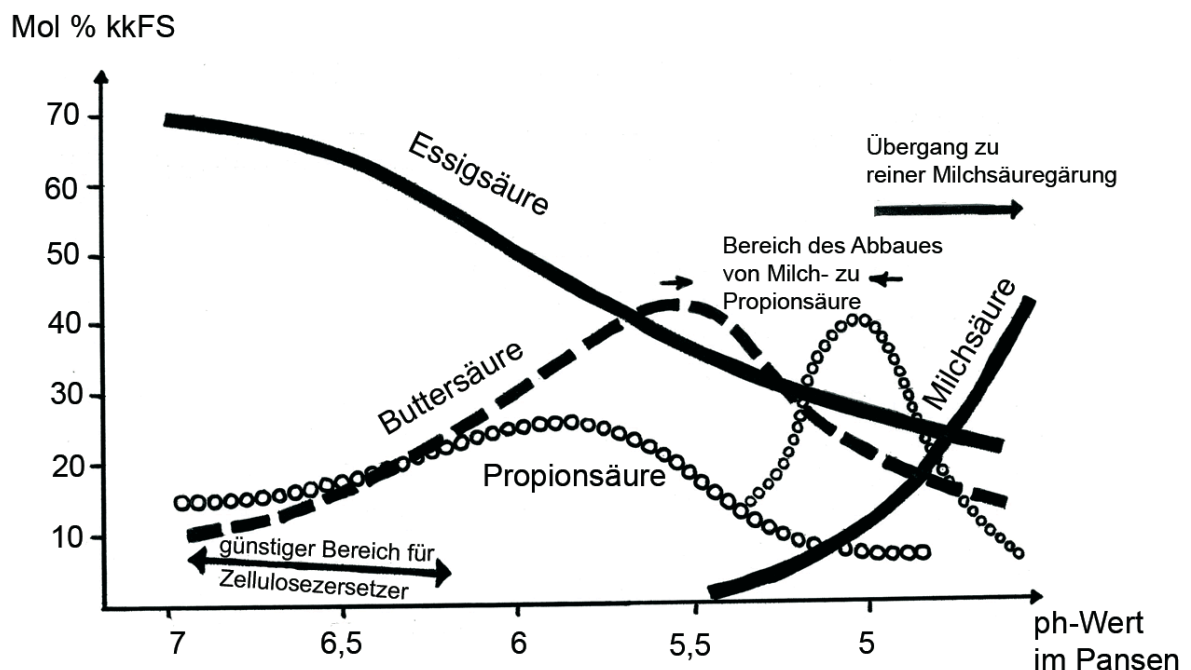


Abb. 9: Beziehung zwischen dem pH-Wert und dem Fettsäuremuster im Pansen
(KAUFMANN und ROHR 1967)

Ein Grossteil der kurzkettigen Fettsäuren wird direkt im Pansen resorbiert, wobei der hohe chemische Gradient zwischen Panseninhalt und Blut als wesentliche Triebkraft für diesen passiven Resorptionsvorgang gilt. Während ein Teil der kurzkettigen Fettsäuren direkt in der Pansenschleimhaut metabolisiert wird, gelangt der Rest als Energielieferant in die Blutbahn (STEVANS und HUME 1995).

Methanbildende Bakterien reduzieren CO_2 schrittweise zu CH_4 . Diese Reaktion dient der Eliminierung von Wasserstoff aus dem Pansensaft und stellt einen erheblichen Verlust an Futtermittelenergie für den Wiederkäuer dar (BREVES und LEONHARD-MAREK 2010). Die Produktion von CH_4 ist direkt proportional zur Acetatproduktion

und indirekt proportional zur Butyratproduktion. Sie hängt jedoch auch von anderen Faktoren, welche auch einen Einfluss auf das Wachstum und die Vermehrung der Methanobakterien haben, ab (STEVANS und HUME 1995). Das Methan wird über den Ruktus abgegeben, da keine Resorption in den Vormägen erfolgt (BREVES und LEONHARD-MAREK 2010).

3.3.2.2 Regulation des Pansen pH-Wertes

Der physiologische pH-Wert des Panseninhalts liegt im Bereich zwischen 5,5 und 7,0 (MARTENS 2010). Ein wichtiger Faktor für die Einstellung des Pansen pH-Wertes ist die pro Zeiteinheit gebildete Fettsäuremenge sowie die Höhe des neutralisierenden Speichelflusses. Der Speichel, mit einem pH-Wert zwischen 8,1 und 8,5 und mit 110 mmol/l Natriumbicarbonat sowie 20 mmol/l Phosphat als puffernde Substanzen (BREVES 2010), wird bei Raufutteraufnahme vermehrt produziert und stabilisiert den Pansen pH-Wert. Die Fettsäureresorption, die proportional zur Resorptionsfläche im Pansen steht, sowie die Passagegeschwindigkeit der Ingesta beeinflussen zusätzlich die Einstellung des pH-Wertes im Pansen (NAGARAJA und TITGEMEYER 2007; DIRKSEN 1981). Die Stabilisierung des pH-Wertes im physiologischen Bereich ist für den Wiederkäuer lebensnotwendig, obwohl er selbst keinen direkten Einfluss auf die Regulation hat. Die Regulationsmechanismen richten sich ausschliesslich nach der aufgenommenen Nahrung, indem jener pH-Wert eingestellt wird, der für den Abbau der jeweiligen Nahrung am günstigsten ist. Bei der Zusammensetzung der Nahrung spielen die Kohlenhydrate, im Vergleich zu den Fetten und Proteinen, die entscheidende Rolle (DIRKSEN 1981).

3.3.2.3 Proteinstoffwechsel

Der Proteinstoffwechsel im Pansen wird durch stoffwechselaktive Mikroorganismen aufrechterhalten und setzt sich aus Proteinabbau und Proteinsynthese zusammen (BACH et al. 2005). Das mit der Nahrung aufgenommene Protein lässt sich untergliedern in im Pansen abbaubares und nicht abbaubares Protein. Das abbaubare Protein setzt sich aus Protein und nichtprotein-Stickstoff (NPN)-Verbindungen, wie z. B. freie Aminosäuren, Nitrat, Harnsäure und Harnstoff, zusammen (BREVES und LEONHARD-MAREK 2010). Der Proteinabbau erfolgt enzymatisch durch mikrobielle Proteasen zu Peptiden, Aminosäuren und Ammoniak. Der Umfang des ruminalen Proteinabbaus ist von den Proteineigenschaften wie

Löslichkeit, Sekundär- und Tertiärstruktur und Struktur der Disulfidbrücken, sowie von der proteolytischen Aktivität der Pansenflora abhängig (BACH et al. 2005). Je nach Proteinquelle werden ca. 30-70 % des Gesamtproteins im Pansen abgebaut (BREVES und LEONHARD-MAREK 2010). Die Pansenmikroben sind in der Lage aus Ammoniak sowohl nichtessentielle als auch essentielle Aminosäuren zu synthetisieren und machen den Wiederkäuer somit unabhängig von essentiellen Aminosäuren im Futter (STEVENS und HUME 1995). Die hierfür benötigte Energie erhalten die Mikroorganismen durch die anaerobe Fermentation organischer Substanzen zu kurzkettigen Fettsäuren und Wärme. Fehlt es den Bakterien jedoch an Energie, kann der aus dem Futter freigesetzte Stickstoff (N) nicht in mikrobielles Protein inkorporiert werden, wodurch der Ammoniakgehalt im Pansen steigt. Die Energie- und N- Bereitstellung muss somit durch die Fütterung sowohl zeitlich als auch mengenmässig koordiniert werden (STEVANS und HUME 1995; ROOKE und ARMSTRONG 1989). Überschüssiger Ammoniak wird vom Pansenepithel resorbiert, gelangt über das Pfortaderblut in die Leber und wird dort zu Harnstoff „entgiftet“. Der Grossteil des Harnstoffs wird über die Niere ausgeschieden. Ein Teil gelangt jedoch über das arterielle Blut zu den Speicheldrüsen und zum Pansenepithel und wird somit durch Abschlucken von Speichel und Sekretion des Pansenepithels dem Vormagensystem zugeführt. Auf der Pansenschleimhaut haftende ureasebildende, fakultativ anaerobe Bakterien spalten den Harnstoff zur Energiegewinnung und können freigesetzten Ammoniak zur Aminosäuresynthese verwenden. Dieser ruminohepatische Kreislauf, wie er in Abb. 10 dargestellt ist, kostet den Wiederkäuer zwar Energie, führt jedoch zu einer Stabilisation des Ammoniakgehaltes im Pansen (BREVES und LEONHARD-MAREK 2010; STEVANS und HUME 1995).

Nicht abbaubares Protein, endogenes Protein und mikrobiell gebildetes Protein verlassen den Pansen und gelangen zur enzymatischen Verdauung in den Labmagen und den Dünndarm. Mikrobielles Protein stellt dabei mit ca. 50 – 80 % den grössten Anteil des absolut resorbierten Rohproteins dar (BACH et al. 2005).

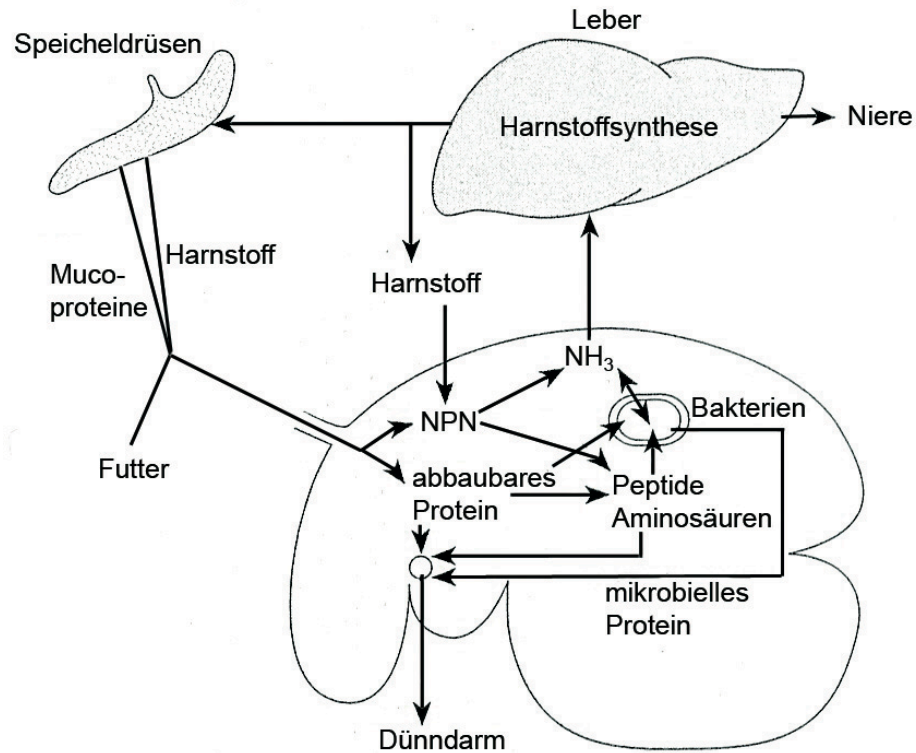


Abb. 10: Umsetzung N-haltiger Verbindungen in den Vormägen; ruminohepatischer Kreislauf

NH_3 = Ammoniak, NPN = Nicht-Protein-Stickstoff

(BREVES und LEONHARD MAREK 2010)

3.4 Anatomische Grundlagen der Wiederkäuerklaue

Das Zehenendorgan der Wiederkäuer setzt sich aus zwei Hauptklauen und zwei Afterklauen zusammen. Der anatomische Aufbau von Haupt- und Afterklaue ist prinzipiell identisch (MAIERL und MÜLLING 2004).

Der zentrale Stützapparat des Zehenendorganes besteht aus folgenden knöchernen Strukturen: distaler Abschnitt des Kronbeins (*Phalanx II*), Klauenbein (*Phalanx III*) und Sesambein (*Os sesamoideum distale*), sowie aus Weichteilstrukturen, wie Sehnen, Bänder, synoviale Einrichtungen und Schleimbeutel.

Der modifizierte Hautüberzug der Klaue besteht aus den drei Hautschichten: Oberhaut (Epidermis), Lederhaut (Korium) und Unterhaut (Subkutis). Da diese Hautschichten regionale Besonderheiten aufweisen, teilt man das Zehenendorgan in Segmente ein. Jede Klaue setzt sich aus dem Saum-, Kron-, Wand-, Sohlen- und Ballensegment zusammen. Die Hornschichten vom Saum-, Kron- und Wandsegment bilden zusammen die Hornwand, die nach oben zur behaarten Haut durch den Kronrand und unten an der Fussungsfläche durch den Tragrand begrenzt wird. Das Horn des Kronsegmentes, das Kronhorn, stellt dabei den wichtigsten und tragfähigsten Teil der Hornwand dar (GEYER 2008).

In der vorliegenden Arbeit wurden das Wand- und das Kronsegment genauer untersucht. Nachfolgend werden diese Strukturen ausführlicher beschrieben.

3.4.1 Kronsegment

Das Kronsegment (Abb. 11) schliesst sich distal an das Saumsegment an und reicht etwa bis zur halben Höhe des Klauenrückens. Die Lederhaut besteht aus langen dünnen Papillen, sodass von der Kronepidermis Röhrchenhorn gebildet wird. Das sehr harte und widerstandsfähige Kronhorn wird nach distal geschoben und bildet an der Fussungsfläche den grössten Teil des Tragrandes (Abb. 11c-c''). Man unterscheidet im Kronhorn eine Aussen-, Mittel- und Innenzone (GEYER 2008; MAIERL und MÜLLING 2004).

3.4.2 Wandsegment

Das Wandsegment (Abb. 11) liegt, von aussen nicht sichtbar, in der distalen Klauenhälfte unter der dicken Kronhornschicht. Die Lederhaut besteht aus weitgehend unverzweigten Primärblättchen, die noch von einem *Str. germinativum* der Epidermis überzogen sind. Die Lederhautblättchen samt ihrem Überzug aus *Str. germinativum* der Epidermis werden auch als „weiche Blättchen“ bezeichnet. Zwischen den im Querschnitt recht breiten, weichen Blättchen befinden sich die sehr schmalen Hornblättchen (Abb. 11/f), die am Übergang des Kron- ins Wandsegment gebildet und auch von proximal nach distal geschoben werden. Gegen distal bilden die in Richtung Kronhorn zeigenden „Firste“ der weichen Blättchen viele Hornzellen, die sich schalenartig über die Firste legen und gegen den Tragrand zunehmen. Diese Hornzellen werden als Kappenhorn bezeichnet. In Nähe des Tragrandes spaltet sich der distale Rand der weichen Blättchen in Zotten auf, deren Epidermis gegen distal das Terminalhorn bildet. Dieses Terminalhorn ist ein Röhrchenhorn, das innen an das Kappenhorn anschliesst. Als weisse Linie bezeichnet man den Blättchenbereich am Tragrand. Die weisse Linie besteht somit aus den Hornblättchen am Tragrand samt den dazwischenliegenden „Füllhorn“ aus Kappenhorn und Terminalhorn. Dieses Füllhorn zerfällt oft und ist dann für die schmierig-weiche Konsistenz dieser krankhaft weichen weissen Linie verantwortlich (GEYER 2008; MAIERL und MÜLLING 2004).

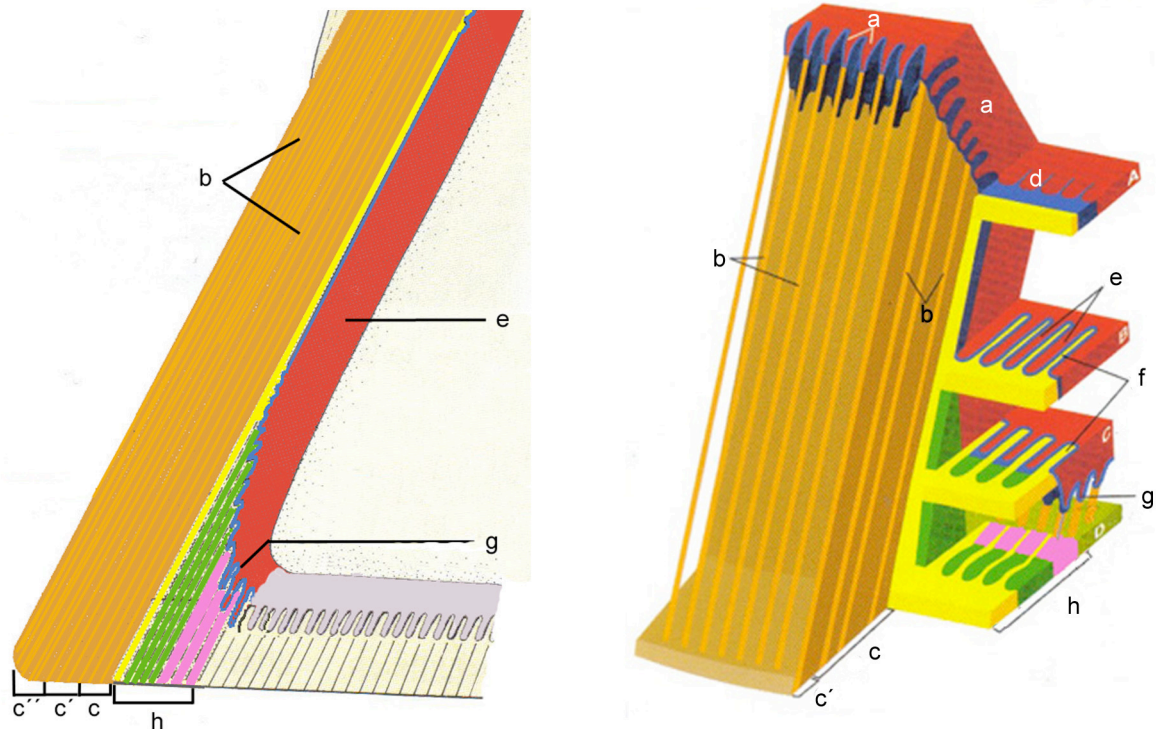


Abb. 11: Schematische Darstellung des Kron- und Wandsegmentes einer Rinderklaue (dorsolaterale und abaxiale Klauenwand).

Längsschnitte durch das Innenteil des Kronsegments und vier Querschnitte durch das Wandsegment in den Ebenen A – D.

(modifiziert nach MÜLLING 2009 und nach GEYER 2008)

Lederhaut (rot), Str. germinativum (blau), Wandhornblättchen (gelb),

Kappenhorn (grün), Terminalhorn (rosa);

a = Lederhautzotten des Kronsegmentes; b = Kronhornröhrchen; c = Innenzone des Kronhorns; c' = Mittelzone des Kronhorns; c'' = Aussenzone des Kronhorns; d = Übergang der Lederhautzotten in Lederhautblättchen; e = Lederhautblättchen des Wandsegments; f = Wandhornblättchen; g = Terminalzotten; h = weisse Linie

3.5 Der Pansenazidosekomplex

3.5.1 Vorkommen bei Zoowiederkäuern

Die Pansenazidose ist die häufigste alimentär bedingte Störung der Verdauungsvorgänge bei Zoowiederkäuern (ELZE et al. 1978).

Eine systematische Untersuchung zur Häufigkeit der Pansenazidose bei Zoowiederkäuern liefert eine Studie von MARHOLDT (1991), die an 67 Zoowiederkäuern fütterungsbedingte morphologische Veränderungen der Vormagenschleimhaut mit derer wildlebender Wiederkäuer vergleicht. Etwa 45 % aller untersuchten Tiere wiesen bereits makroskopisch, insbesondere jedoch mikroskopisch, azidotische Veränderungen der Pansenschleimhaut auf. In einer weiteren Untersuchung von ZENKER et al. (2004) wurden an 25 Zoowiederkäuern mittels Ruminozentese der pH-Wert im Pansen gemessen, wobei der physiologische Pansen pH-Wert bei über 50 % der Tiere deutlich unterschritten war.

Aus mehreren Untersuchungen verschiedener Autoren geht hervor, dass Wildwiederkäuer hinsichtlich der Vormägen prinzipiell die gleichen pathologischen Erscheinungen zeigen wie Hauswiederkäuer (MARHOLDT 1991).

3.5.2 Formen der Pansenazidose

Der Begriff Pansenazidose umfasst verschiedene pathologische Veränderungen im Säurestatus des Vormageninhalts, hervorgerufen durch eine vermehrte Aufnahme leichtfermentierbarer Kohlenhydrate (DIRKSEN 1985; NOCEK 1997; OWENS et al. 1998). Durch ein Ungleichgewicht an mikrobieller Produktion und Verwertung, sowie der Resorption von flüchtigen Fettsäuren, kommt es im Pansen zu erheblichen Störungen (NAGARAJA und TITGEMEYER 2007). Anhand des Pansen pH-Wertes, der im Pansen anfallenden organischen Säuren und des Auftretens klinischer Symptome lassen sich die akute Pansenazidose und die subakute, subklinische oder chronische Pansenazidose voneinander unterscheiden (NOCEK 1997; NAGARAJA et al. 1998; NAGARAJA und TITGEMEYER 2007).

3.5.2.1 Akute Pansenazidose

Die akute Pansenazidose, auch Laktatazidose genannt, ist durch einen steilen pH-Wert Abfall auf 4,0 - 5,0 und einer übermässigen Bildung von Milchsäure, in Form von D(+)- und L(-)-Laktat, im Pansen charakterisiert (DIRKSEN 2006A; NAGARAJA et al. 1998). Sie entsteht durch eine plötzliche Aufnahme grosser Mengen an leicht fermentierbaren Kohlenhydraten (OWENS et al. 1998). Aus leicht verdaulichen Kohlenhydraten wird im Pansen neben flüchtigen Fettsäuren in vermehrtem Masse Laktat gebildet, woraufhin der Pansen pH-Wert sinkt. Daraufhin kommt es durch die erhöhte Verfügbarkeit an leichtverdaulichen Substanzen, in Verbindung mit einem sinkenden pH-Wert, zu einer deutlichen Verschiebung der mikrobiellen Pansenflora. Physiologischerweise überwiegende Gram-negative Bakterien werden von Gram-positiven Milchsäurebildnern verdrängt und die Protozoen verschwinden nahezu vollständig (NAGARAJA et al. 1998; DIRKSEN 2006A; NAGARAJA und TITGEMEYER 2007). Da es nach der Aufnahme von energiereichem, strukturarmen Futter zu einer verminderten Speichelproduktion und somit zu einer verringerten Zufuhr von Puffersubstanzen in den Pansen kommt, wird hierdurch das Absinken des pH-Wertes zusätzlich unterstützt (DIRKSEN 1985). Der veränderte Säurestatus im Pansen verursacht sowohl lokale Schadwirkungen, als auch weitreichende systemische Veränderungen. Die typischerweise mit der Pansenazidose einhergehende Retikuloruminitis ist nach DIRKSEN (2006A) vermutlich auf die ätzende Wirkung des in hoher Konzentration anfallenden Laktats zurückzuführen. Auf Grund der ruminalen Hyperazidität steigt der osmotische Druck im Pansen stark an und es kommt zum Übertritt von Flüssigkeit aus dem Blut über die Pansenschleimhaut ins Panseninnere (OWENS et al. 1998; DIRKSEN 2006A). In Folge darauf kommt es zu einer Hämokonzentration, Exsikkose, Oligurie, Anurie sowie Urämie. Zusätzlich führt die gastrointestinale Resorption des Laktats und toxischer Abbauprodukte zu Blutveränderungen, metabolischer Azidose, degenerativen und entzündlichen Veränderungen an parenchymatösen Organen, sowie zu pathologischen Veränderungen im Bereich der Klauen (DIRKSEN 1985 und 2006A). Die akute Pansenazidose unterscheidet sich von der subakuten Pansenazidose durch das Vorhandensein deutlicher klinischer Symptome. Diese können jedoch je nach Schweregrad variieren. In der Regel kommt es zu erheblichen Störungen des

Allgemeinbefindens, in schweren Fällen zum Festliegen und Tod innerhalb weniger Stunden (NAGARAJA et al. 1998; DIRKSEN 2006A).

3.5.2.2 Subklinische Pansenazidose

Die subklinische Pansenazidose ist durch einen dauerhaften oder regelmässig wiederkehrenden Pansen pH-Wert zwischen 5,8 und 5,2 charakterisiert (DIRKSEN 2006A; MORGANTE et al. 2007). Auslöser für diesen pH-Wert-Abfall ist die Aufnahme einer strukturarmen und energiereichen Nahrung, ohne eine ausreichende Anpassung des Pansenmilieus und der Pansenzotten an dieses hochverdauliche Futter (KLEEN et al. 2003; MORGANTE et al. 2007). Im Pansen kommt es dadurch zu einer intensiven Fettsäuregärung, sowie zu einer verringerten Fettsäureresorption an den nicht ausreichend adaptierten Pansenzotten. Hieraus folgt eine Anhäufung hoher Gesamtmengen an flüchtigen Fettsäuren, wobei sich das Fettsäuremuster zugunsten Butyrat und Propionat verschiebt (DIRKSEN 1985; MORGANTE et al. 2007). Im Gegensatz zur akuten Pansenazidose ist der Laktatspiegel im Pansen nur leicht (MORGANTE et al. 2007) bzw. gar nicht erhöht (NAGARAJA et al. 1998; STONE 2004; KRAUSE und OETZEL 2005; NAGARAJA und TITGEMEYER 2007), da bei einem pH Wert über 5,0 laktatverwertende Bakterien noch in ausreichender Zahl vorhanden sind (GOAD et al. 1998; NAGARAJA und TITGEMEYER 2007). Die pH-Wert-Senkung kommt folglich allein durch die Ansammlung hoher Mengen flüchtiger Fettsäuren zustande (GOAD et al. 1998; NAGARAJA et al. 1998; STONE 2004; MORGANTE et al. 2007; NAGARAJA und TITGEMEYER 2007).

Die mikrobiellen Veränderungen im Pansen sind weit weniger ausgeprägt als bei der akuten Pansenazidose. Vergleichbar mit den Veränderungen der Pansenflora bei einer Futterumstellung auf Krafffutter steigt die Gesamtanzahl der Bakterien im Pansen, darunter insbesondere grampositive, amylolytische Kokken, wohingegen die Protozoenzahl zurückgeht (GOAD et al. 1998; NAGARAJA et al. 1998). Über längere Zeit anhaltende oder in kurzen Intervallen wiederkehrende hohe Säurekonzentrationen und ein abnormes Gärungsmuster können krankhafte Veränderungen an der Pansenschleimhaut und systemische Schäden vor allem an Leber und Klauen zur Folge haben (DIRKSEN 1985; NOCEK 1997; MORGANTE et al. 2007). Da der Reiz für Schleimhautwachstum und Zottenproliferation im Pansen von der Butter- und Propionsäure ausgeht, kommt es bei einer übermässigen Produktion dieser Säuren, zu einer dauerhaften Stimulation des Zottenwachstums, sowie zu

Störungen des physiologischen Verhornungsprozesses im Schleimhautepithel (DIRKSEN 1985; MORGANTE et al. 2007). Dies führt zu Hyperkeratose, hyperplastischer Parakeratose sowie Verklumpung und Destruktionsprozessen an den Zottenspitzen, was letztlich eine *Ruminitis chronica hyperplastica* zur Folge hat. Über diese Läsionen der Pansenschleimhaut können Nekrose- und Eitererreger über die Pfortader in die Leber gelangen und dort multiple Abszessbildung hervorrufen. Man spricht hier vom Parakeratose-Ruminitis-Leberabszess-Komplex (DIRKSEN 1985; KLEEN et al. 2003). Neben den flüchtigen Fettsäuren als Hauptfaktoren der Pathophysiologie der subklinischen Pansenazidose sind andere toxische Faktoren, mikrobiellen Ursprungs, für systemische Folgeschäden verantwortlich. Endotoxine, durch das Absterben von Mikroorganismen freigesetzt, sowie Histamin, dessen Produktion mit dem Pansen-pH-Wert zusammenhängt, sind von besonderer Bedeutung und werden in einen direkten Zusammenhang mit dem Auftreten der chronischen Klauenrehe gestellt (NOCEK 1997; NAGARAJA und TITGEMEYER 2007). Näheres hierzu wird im Kapitel 1.3.3.3 behandelt.

Klinisch tritt die subklinische Pansenazidose in der Regel nicht in Erscheinung. Eine verringerte Futteraufnahme sowie ein vermehrtes Auftreten von chronischer Klauenrehe sind oftmals die einzigen Hinweise (DIRKSEN 1985 und 2006A; NOCEK 1997; NAGARAJA et al. 1998; MORGANTE et al. 2007; NAGARAJA und TITGEMEYER 2007). Die subklinische Pansenazidose ist beim Rind als Hauswiederkäuer sowohl in Mastbetrieben, als auch in Milchviehbeständen eine der bedeutensten metabolischen Störungen (KRAUSE und OETZEL 2005; MORGANTE et al. 2007; NAGARAJA und TITGEMEYER 2007). Auch bei Zoowiederkäuern ist die subklinische Pansenazidose von grosser Bedeutung. Zum einen sind viele Fütterungsregime in zoologischen Gärten immer noch durch einen zu hohen Anteil an Kohlenhydraten, in Form von Kraftfutter, charakterisiert. Andererseits stellt sich in der Zootierfütterung die Problematik der Herdenfütterung. Auch bei einer ausgewogenen Ration kann nicht garantiert werden, dass das einzelne Tier nicht mehr Kraftfutter aufnimmt als den für ihn zugeteilten Anteil (CLAUSS und KIEFER 2003). Dennoch findet man in der Literatur nur wenig Berichte über die subklinische Pansenazidose bei Zoowiederkäuern. Dies ist mitunter auf das Fehlen klinischer Symptome und auf ein Entgehen pathologischer Veränderungen in der Sektion zurückzuführen (CLAUSS und KIEFER 2003).

3.5.3 Auswirkungen auf die Klauen

Eine häufige Folgeerscheinung sowohl der akuten als auch der subklinischen Pansenazidose ist die Klauenrehe der Wiederkäuer (NOCEK 1997; GOFF 2006; DIRKSEN 2006B). Hierbei handelt es sich um eine diffuse, aseptische Pododermatitis, ausgelöst durch ein multifaktorielles Geschehen. Neben der Fütterung, welche die entscheidende Rolle spielt, sind Genetik, Infektionskrankheiten sowie Umwelt- und Haltungsbedingungen für die Entstehung der Klauenrehe von Bedeutung (GREENOUGH 1990; NOCEK 1997; DIRKSEN 2006B). Freiwerdende gefässwirksame Stoffe wie Histamin und Endotoxine, die beispielsweise im Zuge der Pansenazidose in grossen Mengen anfallen, gelten als Auslöser der örtlichen Zirkulationsstörung im Klauenendbereich (GOFF 2006; DIRKSEN 2006B). Initial kommt es dort zu einer Kontraktion der Arteriolen, an die sich eine Kaskade hämodynamischer und geweblicher Alterationen anschliesst. Dies hat schliesslich eine Lockerung des Zusammenhalts von verhornter und unverhornter Epidermis zur Folge (DIRKSEN 2006B). Je nach Schweregrad, Verlauf und lokaler Folgen unterscheidet man eine akute, eine subklinische und eine chronische Form der Klauenrehe (Abb. 12). In akuten Fällen führen die hämodynamischen Störungen, insbesondere die Ödembildung, innerhalb des räumlich begrenzten Hornschuhs zur Druckerhöhung und dadurch zu erheblichen Schmerzen an der gut innervierten Lederhaut. In schweren Fällen führt der Lösungsvorgang unverhornter und verhornter Epidermis zur Rotation des Klauenbeins um seine Querachse, was zum Ausschuhlen oder Durchbrechen des Klauenbeins in die Sohle führen kann (OSSENT und LISCHER 1998; DIRKSEN 2006B). In diesem Stadium ist der Kronrand stark geschwollen und gerötet und die Tiere weisen zudem ein deutlich gestörtes Allgemeinbefinden auf. Die betroffenen Wiederkäuer zeigen einen vorsichtigen und steifen Gang, in schweren Fällen sind sie kaum zum Aufstehen zu bewegen (DIRKSEN 2006B). Die subklinische Klauenrehe verursacht keine Lahmheit sondern charakteristische Läsionen an den Klauensohlen. Das Horn ist weicher und auf Grund austretender Gewebsflüssigkeit gelb verfärbt. An der Sohle, insbesondere im Bereich der weissen Linie, an der Spitze und am Übergang zum Ballen treten häufig Blutungen auf (LISCHER und OSSENT 1994). Pathophysiologisch spielen dabei Ischämie, Hypoxie und epidermale Schäden die Schlüsselrolle (NOCEK 1997). Aus diesem Stadium der Klauenrehe entwickeln sich häufig Klauenveränderungen wie Doppelsohle, Sohlengeschwür,

Ballenfäule und Veränderungen an der weissen Linie (LISCHER UND OSSENT 1994; NOCEK 2002). Beim chronischen Stadium der Klauenrehe kommt es zu Proliferations- und Fibrosierungsprozessen, sowie zur Sklerosierung der Gefässwände in den entzündeten Arealen der Lederhaut. Aufgrund der Hypoxie der keratinbildenden Zellen ist der Zusammenhang des neu gebildeten Horns erheblich beeinträchtigt. Die Spitze des Klauenbeins unterliegt einem fortschreitendem Osteolyseprozess und perforiert häufig, nach Drucknekrose der Lederhaut, die Hornsohle (NOCEK 1997; DIRKSEN 2006B). Als Folge der chronischen, schubweise verlaufenden Störung des Hornwachstums entwickeln sich charakteristische Deformationen an den Klauen. Die Form der Klauen wirkt länger, abgeflachter und breiter (NOCEK 1997). Tiefe, parallel zum Kronsaum verlaufende, unregelmässige und seitlich divergierende Rinnenbildung sowie konkave Auskehlung der Vorderwand sind charakteristische Veränderungen (LISCHER UND OSSENT 1994; NOCEK 1997). Oftmals erscheinen Ulzerationen an der Sohle, Doppelsohlen und gelbe Verfärbungen des Sohlenhorns (NOCEK 1997). Die Tiere zeigen einen steifen Gang und verlieren häufig an Gewicht (DIRKSEN 2006B).

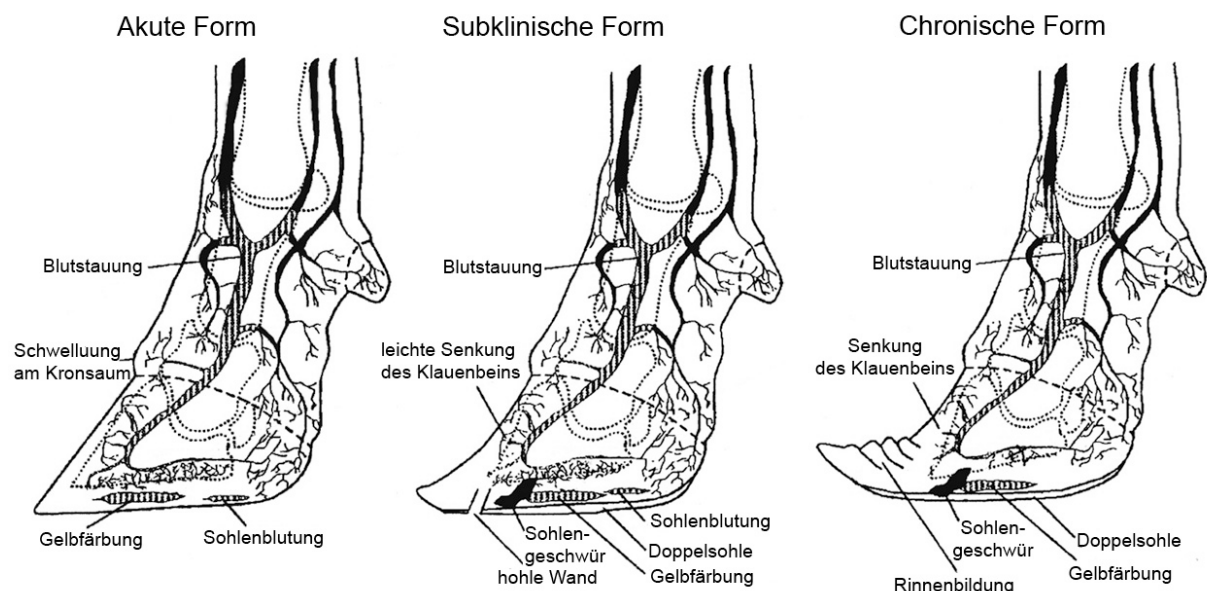


Abb. 12: Formen der Klauenrehe: akut, subklinisch, chronisch (modifiziert nach NOCEK 1997)

Die Klauenrehe ist der Endzustand eines komplizierten Krankheitsgeschehens, dessen Spuren auch in anderen Organen, wie z. B. den Nieren, der Leber oder der Lunge gefunden werden können. Der Krankheitsverlauf nimmt jedoch nur in den Klauen ein solch fatales Ende, weil innerhalb des Hornschuhs keine raumfordernden Prozesse möglich sind, ohne dass dabei die empfindliche Lederhaut beeinträchtigt wird (BECKER 1983).

4 Material und Methoden

4.1 Untersuchte Tierarten

4.1.1 Haltungsbedingungen

Die Dybowskihirsche werden ganzjährig im Gruppenverband in einer etwa 11730 m² grossen, grasbewachsenen und mit Eichen bestandenen Freianlage gehalten. Dort steht ihnen ein ca. 25 m² grosser, gepflasterter Unterstand mit einem Trog für das Kraftfutter und einer Tränke zur Verfügung. Das Grün- und Raufutter wird den Tieren in einer überdachten Futterraufe angeboten.

Die Gruppe der Mähnenspringer wird ebenfalls ganzjährig im Freien gehalten, wobei ein Stall mit zwei Boxen als Rückzugsmöglichkeit zur Verfügung steht. Vor dem Stall befindet sich ein ca. 50 m² grosser, gepflasterter Abschnitt, mit insgesamt fünf Futterraufen, fünf Futtertrögen sowie einer Tränke. Im vorderen, grasbewachsenen Abschnitt des ca. 3780 m² grossen Freigeheges befindet sich eine Matschuhle. Die hintere Gehegegrenze wird von einem natürlichen Felsen gebildet.

Die Mendesantilopen befinden sich tagsüber in einem mit Gras bewachsenem Freigehege von ca. 3780 m² Grösse. Dieses ist mit einer Futterraufe, einer Tränke und zwei Sandsuhlen ausgestattet. Nachts werden die Tiere in Einzelboxen aufgestellt. Die Boxen sind ca. 10 m² gross, mit Stroh eingestreut und mit einem Futtertrog sowie einer Tränke ausgestattet.

Die Hirschziegenantilopen werden ganzjährig im Gruppenverband im Freien gehalten. Während des Sommers teilen sie sich die Freianlage mit den Nilgauantilopen. Durch ein Schlupfgitter abgetrennt, stehen den Hirschziegenantilopen ein eigenes Vorgehege und ein Stall mit zwei Boxen als Rückzugsmöglichkeit zur Verfügung. In den Boxen, sowie im Winter auch im Vorgehege, befinden sich Strohlager. Das grasbewachsene Freigehege ist etwa 4630 m² gross, mit einer Sandsuhle und mehrere grosse Eichen. Im Freigehege befindet sich weiterhin eine Tränke sowie eine Futterraufe für das Grün- und Raufutter.

4.1.2 Gesundheitszustand der Herden

Mit Ausnahme einer Schweregeburt bestanden während des Untersuchungszeitraumes (Dezember 2006 – Januar 2008) bei den Dybowskihirschen keine Hinweise auf gesundheitliche Störungen der Tiere.

Bei den Mähnenspringern trat während des Untersuchungszeitraumes (November 2006 – Juli 2008) zeitweise Durchfall auf. Ein diagnostizierter Trichurisbefall wurde mit Fenbendazol behandelt. Vor allem adulte, männliche Mähnenspringer hatten makroskopisch zum Teil stark veränderte Klauen.

Während der Versuchsphase erlag ein männlicher, adulter Mähnenspringer einem Herz - Kreislaufversagen in Folge einer Pansentympanie. Zwei Tiere verstarben an einer Clostridienenterotoxämie und ein männliches Tier verstarb an einer Unterhautphlegmone auf Grund einer perforierenden Verletzung.

Bei den Mendesantilopen trat während des Untersuchungszeitraumes (März 2007 – Oktober 2008) zeitweise Durchfall auf. Dieser war auf einen Parasitenbefall, in erster Linie mit *Trichuris spp.* zurückzuführen und wurde mit Moxydectin und Fenbendazol behandelt .

Bis auf einen Befall mit *Trichostrongylus spp.* und *Nematodirus spp.*, der mit Fenbendazol behandelt wurde, ergaben sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes (Juli 2007 – November 2008) bei den Hirschziegenantilopen keine Hinweise auf Gesundheitsstörungen.

4.1.3 Bestand und Auswahl der Untersuchungstiere

Zu Beginn der Untersuchungsphase setzte sich die Gruppe der Dybowskihirsche aus zehn männlichen und 14 weiblichen Tieren zusammen. Hinzu kamen zehn Geburten (acht Männchen, zwei Weibchen), wobei drei Neugeborene im Zusammenhang mit der Geburt verendeten.

Zur Untersuchung gelangten innerhalb von 14 Monaten fünf ein- bis eineinhalbjährige männliche Tiere (Tab. 2). Die Auswahl der zu tötenden Tiere erfolgte auf Grund der Rangordnungsproblematik innerhalb der Gruppe. Die Tierkörper wurden im Anschluss an die Probenentnahme verfüttert.

Tab. 2: Untersuchte Dybowskihirsche

Abkürzung	Kennzeichnung	Geschlecht	Alter	Gewicht (p.m.)
D 1	K 02	männlich	12 Mo.	68 kg
D 2	K 07	männlich	18 Mo.	55 kg
D 3	K 04	männlich	18 Mo.	80 kg
D 4	K 08	männlich	20 Mo.	64 kg
D 5	K 09	männlich	18 Mo.	80 kg

Die Mähnenspringer bildeten zu Beginn des Untersuchungszeitraumes eine Gruppe von acht männlichen und acht weiblichen Tieren. Acht männliche und vier weibliche Mähnenspringer wurden während des Untersuchungszeitraumes geboren. Drei Neugeborene sind während bzw. kurz nach der Geburt verstorben. Vier Tiere, drei männliche und ein weibliches Tier, verstarben während des Untersuchungszeitraumes und ein männliches Tier wurde in einen anderen Zoo abgegeben. Innerhalb von 21 Monaten konnten fünf Tiere untersucht werden (Tab 3). Die Tötung dieser Tiere erfolgte auf der Grundlage einer Selektion, bei der Tiere mit einem schwachen Körperbau und Klauenproblemen zur Verfütterung ausgesondert wurden.

Tab. 3: Untersuchte Mähnspringer

Abkürzung	Kennzeichnung	Geschlecht	Alter	Gewicht (p.m.)
S 1	K 01	weiblich	8 Mo.	23 kg
S 2	K 04	männlich	1 J. 8 Mo.	32 kg
S 3	K 11	männlich	4 J. 4 Mo.	112 kg
S 4	K 08	männlich	4 J. 11 Mo.	104 kg
S 5	K 03	weiblich	10 J. 6 Mo.	47 kg

Die Gruppe der Mendesantilopen bestand zu Beginn der Untersuchungsphase aus vier männlichen und drei weiblichen Tieren. Während des Untersuchungszeitraumes wurde eine männliche und eine weibliche Mendesantilope geboren. Gegen Ende des Untersuchungszeitraumes wurde die Gruppe um eine männliches Tier aus einem anderen Zoo erweitert. In einem Zeitraum von 20 Monaten mussten fünf männliche Tiere auf Grund von Schwäche und Kümern getötet werden und konnten zur Untersuchung herangezogenen werden (Tab. 4). Anschliessend wurden die Tierkörper verfüttert.

Tab. 4: Untersuchte Mendesantilopen

Abkürzung	Kennzeichnung	Geschlecht	Alter	Gewicht (p.m.)
M 1	K01	männlich	10 Mo.	33 kg
M 2	Gunther	männlich	12 Mo.	58 kg
M 3	Bruno	männlich	14 Mo.	75 kg
M 4	Roy	männlich	9 J. 5 Mo.	110 kg
M 5	Gisbert	männlich	11 Mo.	68 kg

Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes setzte sich die Gruppe der Hirschziegenantilopen aus vier männlichen und 14 weiblichen Tieren zusammen. Eine männliche und zwei weibliche Hirschziegenantilope wurden während der 17 monatigen Untersuchungsphase geboren. Ein weibliches Jungtier musste während des Untersuchungszeitraumes auf Grund eines Halswirbel-Bruches euthanasiert werden.

Die zur Untersuchung gelangten drei männlichen Tiere (Tab. 5) wurden aus züchterischen Gründen ausgewählt. Die zwei weiblichen Tiere wurden beide auf Grund von akuten Forkelverletzungen getötet. Alle getöteten Tiere wurden im Anschluss an die Probenentnahme verfüttert.

Tab. 5: Untersuchte Hirschziegenantilopen

Abkürzung	Kennzeichnung	Geschlecht	Alter	Gewicht (p.m.)
H 1	Karl	männlich	3 J. 7 Mo.	40 kg
H 2	K01	männlich	1 J.	19 kg
H 3	K07	weiblich	15 J. 2 Mo.	27 kg
H 4	K04	weiblich	15 J. 4 Mo.	25 kg
H 5	K04	männlich	1 J. 3 Mo.	25 kg

4.1.4 Fütterung

Um die tatsächlich aufgenommenen Futtermengen zu ermitteln wurde im Sommer (Mai bis September) sowie im Winter (Oktober bis April) eine Futterwägung durchgeführt. Die Futterwägung erfolgte bei den untersuchten Wiederkäuerarten sowohl im Sommer, als auch im Winter an jeweils fünf Tagen während des Untersuchungszeitraumes. Die Futtermittel wurden kurz vor der Verfütterung mit einer elektronischen Digitalwaage (Küchenwaage Charme[®], Soehnle, Murrhardt, Deutschland) bzw. mit einer Hängewaage (Milchleistungswaage 15 kg[®], Bodan, Altnau, Schweiz) gewogen und am darauf folgenden Tag das nicht aufgenommene Futter zurück gewogen. Aus der Differenz konnte die tatsächliche Futteraufnahme der einzelnen Futtermittel errechnet werden. Bei den Hirschziegenantilopen mussten bezüglich der Aufnahme der Futtermittel, die den Tieren zusammen mit den Nilgauantilopen angeboten wurden, Schätzwerte herangezogen werden.

Aus den jeweils fünf Werten wurden die Mittelwerte für die Sommer- sowie Winterfütterung errechnet.

Alle Tiere hatten freien Zugang zu Wasser, sowie zu Salzlecksteinen (Berchtesgardener Naturleckstein, Salz Helmreich GmbH, Nürnberg, Deutschland).

4.1.4.1 Verwendete Futtermittel

Das Grün- und Raufutter, der Quetschhafer sowie die Maiscops werden vom Tiergarten Nürnberg in eigener Produktion hergestellt. Beim Grünland, welches im Sommer frisch gemäht verfüttert wird, handelt es sich um Wechselgrünland mit folgenden Leitpflanzen: Lischgras, Knaulgras, Weidelgras, Wiesenschwingel, Wiesenrispe und vereinzelt Weissklee.

Die zugekauften Futtermittel sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

Tab. 6: Zugekaufte Futtermittel

Bezeichnung	Hersteller
Grascops	Trocknungsgesellschaft Windsbach E.G. (Windsbach, Deutschland)
Weizenkleie	Firma Max Bauer Kunstmühle GmbH (Schleifmühle/ Altdorf, Deutschland)
Haferflocken	Firma Gehrsitz G. Haferflockenfabrik GmbH & Co KG (Würzburg, Deutschland)
Savannenfutter [®] , Ziegenpellets [®] , Kofu [®] (= Ergänzungsfuttermittel)	DEWA Kraftfutterwerk (Emskirchen, Deutschland) speziell für den Tiergarten Nürnberg hergestellt
Speedi beets [®]	British Horse Feeds, Ripon, UK
Äpfel, Karotten, Kartoffeln	unterschiedlichen Bauern aus der Region oder vom Grossmarkt Nürnberg
MFE Vitakalk 21/8 [®]	Futtermittelfabrik Xaver Reichardt (Weissenburg, Deutschland).

Die Gehalte an Nährstoffen der einzelnen Futtermittel sind im Anhang 8.1 dargestellt.

4.1.4.2 Dybowskihirsche

Die Herde der Dybowskihirsche wurde einmal täglich vormittags gefüttert (Tab. 7). Im Winter stand den Tieren Heu, im Sommer Gras und Heu, in einer Raufe ad libitum zur Verfügung. Die Kraftfuttermischung setzte sich aus Kofu, gemischt mit Maiscops, Quetschhafer und Kleie zusammen und wurde auf zwei Futtertröge verteilt. Einmal wöchentlich wurde eine Mineralstoffmischung unter die Kraftfuttermischung gemischt. Je nach Angebot, jedoch ca. einmal die Woche, wurden im Sommer gekochte Kartoffeln verfüttert. Im Winter wurde das Futterangebot durch Futterrüben, die im Gehege am Boden verteilt wurden, ergänzt.

Tab. 7: Durchschnittliche Tagesration der Dybowskihirsche (Sommer n=27; Winter n=25)

Futkertyp	Futtermittel	Sommer	Winter
		Menge (kg)	Menge (kg)
Raufutter	Heu	1,3	5,6
Grünfutter	Gras	35,0	-
Kraftfutter	Kofu + Maiscops	10,8	9,2
Kraftfutter	Quetschhafer	2,8	3,8
Kraftfutter	Kleie	3,5	4,5
Nassfutter	Kartoffeln (gekocht)	2,9	-
Nassfutter	Rüben	-	52,3
Mineralfutter	Vitakalk 21/8	0,12	0,17

4.1.4.3 Mähnspringer

Die Fütterung der Mähnspringer erfolgte einmal täglich am Vormittag. Das Heu wurde in insgesamt fünf Futterraufen angeboten. Im Sommer wurde zusätzlich Gras, sowie Mais- und Topinamburblätter auf dem Gehegeboden verteilt. Kraftfutter und Mineralfutter wurde nur an zwei bis drei Tagen in der Woche verfüttert. Die Kraftfütterration bestand aus Kofu, Ziegenpellets und Kleie. Im Winter bekamen die Tiere zusätzlich an manchen Tagen Haferflocken. Die Kraftfuttermischung wurde auf fünf Futtertröge verteilt. Im Winter wurde die Ration an den kraftfutterfreien Tagen durch Rüben ergänzt.

Tab. 8: Durchschnittliche Tagesration der Mähnspringer (Sommer n=16; Winter n=15)

Futkertyp	Futtermittel	Sommer Menge (kg)	Winter Menge (kg)
Raufutter	Heu	11,2	18,1
Grünfutter	Gras	19,1	-
Grünfutter	Maisblätter	2,3	-
Grünfutter	Topinamburblätter	1,2	-
Kraftfutter	Kofu	1,4	1,4
Kraftfutter	Ziegenpellets	1,0	1,5
Kraftfutter	Kleie	0,6	0,9
Kraftfutter	Haferflocken	-	0,4
Nassfutter	Rüben	-	4,8
Mineralfutter	Vitakalk 21/8	0,102	0,146

4.1.4.4 Mendesantilopen

Die Fütterung der Mendesantilopen erfolgte einmal täglich am Abend in den Einzelboxen. Die dort angebotene Ration setzte sich aus Kofu, Grascops, Maiscops, Haferflocken, Äpfel und Karotten sowie Mineralfutter zusammen. Das Heu wird für die gesamte Gruppe im Gehege angeboten.

Tab. 9: Durchschnittliche Tagesration für eine adulte Mendesantilope (n=1)

Futtern	Futtermittel	Sommer	Winter
		Menge (kg)	Menge (kg)
Raufutter	Heu	1,61	2,0
Raufutter	Gras	0,78	-
Kraftfutter	Kofu	0,30	0,24
Kraftfutter	Grascops	-	0,14
Kraftfutter	Maiscops	0,06	0,06
Kraftfutter	Haferflocken	0,03	0,05
Kraftfutter	nicht melassierte Rübenschnitzel	0,05	0,03
Nassfutter	Äpfel	0,29	0,30
Nassfutter	Karotten	0,32	0,26
Mineralfutter	Vitakalk 21/8	0,003	0,005

4.1.4.5 Hirschziegenantilopen

Die Hirschziegenantilopen wurden einmal täglich am Abend in der Box gefüttert. Hier erhielten sie Heu ad libitum sowie Savannenfutter, Kofu, Quetschhafer, Kleie und Nassfutter, in Form klein gehackter Äpfel und Karotten. Zusätzlich hatten die Tiere zusammen mit den Nilgauantilopen Zugang zu einer Futterraufe im Aussengehege, in welcher im Sommer Gras angeboten wurde. Im Winter wurde für beide Tierarten Rüben auf dem Gehegeboden verteilt. Im Aussengehege stand zu jeder Zeit ein Salzleckstein zur Verfügung.

Tab. 10: Durchschnittliche Tagesration der Hirschziegenantilopen (Sommer und Winter n=17)

Futtern	Futtermittel	Sommer	Winter
		Menge (kg)	Menge (kg)
Raufutter	Heu	2,3	3,3
Grünfutter	Gras	7,8	-
Kraftfutter	Savannenfutter	8,1	7,1
Kraftfutter	Kofu	0,9	3,3
Kraftfutter	Quetschhafer	1,7	2,9
Kraftfutter	Kleie	1,3	3,0
Nassfutter	Äpfel/ Karotten	4,2	4,8
Nassfutter	Rüben	-	5,4
Mineralfutter	Vitakalk 21/8	0,033	0,037

4.2 Probenentnahme

4.2.1 Tiere

Die Probenentnahme erfolgte jeweils am frisch getöteten Tier (5 – 30 min).

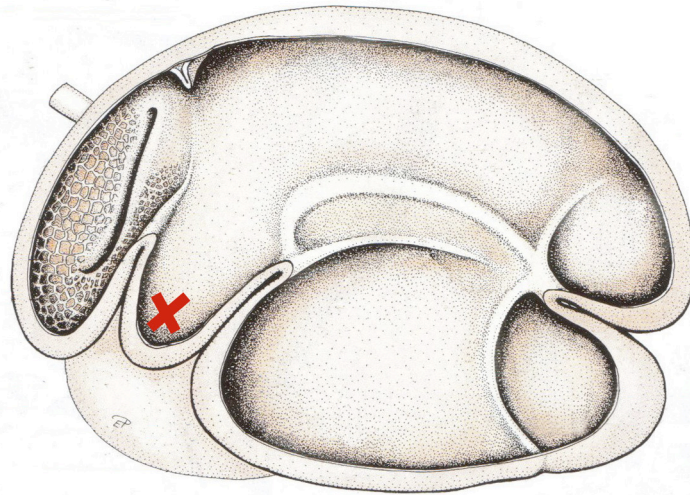
Die Tiere wurden durch Kugelschuss oder durch Ausbluten nach Betäubung mit dem Bolzenschuss getötet. Hierfür wurden die Tiere, mit Ausnahme der Dybowskihirsche, am Abend vor der Schlachtung in einer Einzelbox separiert. Eine Betäubung mit dem Bolzenschuss und anschliessendem Ausbluten erfolgte nur bei kleinen Tieren, die ausreichend fixiert werden konnten. Grosse Tiere wurden durch Kugelschuss erlegt. Die getöteten Tiere wurden gewogen und innerhalb 15 min nach der Tötung erfolgte die Exenteration des Tierkörpers.

4.2.1.1 Pansensaft

Unmittelbar nach der Exenteration des Tierkörpers wurden 10 ml Pansensaft direkt aus dem Pansen gewonnen. Davon wurden 5 ml Pansensaft bei 600 U/min für 4 min zentrifugiert (Rotofix 32®, Hettich Zentrifugen, Bäch, Schweiz). Für die spätere Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren wurden 2 ml vom Überstand mit 0,2 ml Quecksilberchlorid (1,25 %ig) versetzt. Weitere 2 ml des zentrifugierten Pansensaftes wurden mit 0,2 ml Perchlorsäure (0,66 N) vermischt und bei 3000 U/min für 10 min zentrifugiert. Der Überstand wurde abpipettiert und später für die Bestimmung von Laktat verwendet. Diese Proben, sowie der übrige Pansensaft (5 ml), an dem die pH-Wert Messung erfolgte, wurden bis zur Weiterverarbeitung bei -20°C aufbewahrt.

4.2.1.2 Pansenschleimhaut

Nachdem der Pansen entleert war wurde aus dem *Atrium ruminis* eine Gewebeprobe für die histologische Untersuchung herauspräpariert. In der Abb. 13 ist die Entnahmestelle der Schleimhautprobe gekennzeichnet.



**Abb. 13: Darstellung der Entnahmestelle der Schleimhautprobe aus dem Atrium ruminis
(modifiziert nach SALOMON 2008)**

Die Gewebstücke (1 cm x 2 cm) wurden kurz in Wasser geschwenkt, um anhaftenden Chymus zu entfernen. Danach wurden die Proben in 4 %iger neutral gepufferter Formalinlösung in luftdichten Gläsern für 24 h aufbewahrt. Die folgenden Schritte der Probenaufarbeitung werden in Kapitel 4.3.1.3.1 beschrieben.

4.2.1.3 Blut

Im direkten Anschluss an die Tötung erfolgte die Blutgewinnung aus der Vena jugularis externa oder der Arteria carotis communis. Das Blut wurde in Serum-, EDTA- und Fluorid Röhrchen (Monovette[®], Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland) aufgefangen. Anschliessend wurden die Blutproben bei 3000 U/min für 10 min zentrifugiert (Rotofix 32[®], Hettich Zentrifugen, Bäch, Schweiz). Der Überstand wurde abpipettiert und bei -20°C bis zur Weiterverarbeitung gelagert.

4.2.1.4 Klaue

Am exentrierten Tierkörper wurde die vordere linke Klaue im Krongelenk abgesetzt. Erschien eine weitere Klaue makroskopisch stark verändert, wurde diese zusätzlich für eine spätere Analyse entnommen. Nach einer gründlichen Reinigung in Wasser wurden die Klauen bei -20°C gelagert.

4.2.2 Futtermittel

Die Futterprobenentnahme erfolgte direkt aus den Lagerräumen bzw. – behältern der einzelnen Reviere des Tiergartens. Um jeweils eine repräsentative Probe zu erhalten wurden fünf Proben von unterschiedlichen Entnahmestellen zu einer Sammelprobe gemischt. Ausgenommen hiervon waren die Äpfel, Rüben und Kartoffeln, von denen jeweils nur ein bis drei Stück entnommen wurde. Nach luftdichter Verschlussung in Plastiksäcken wurden die Futterproben bis zur weiteren Untersuchungen gekühlt gelagert. Die Lagerung von verderblichen Proben erfolgte bei -20° C.

4.3 Analysen

4.3.1 Tiere

4.3.1.1 Pansensaft

4.3.1.1.1 pH-Wert Messung

Der pH-Wert des Pansensaftes wurde unmittelbar nach der Probenentnahme mit einem tragbaren, elektronischen pH-Messgerät (SM 102 pH-Meter®, Milwaukee, USA) gemessen.

4.3.1.1.2 Kurzketttige Fettsäuren

Die Bestimmung der kurzketttigen Fettsäuren erfolgte gaschromatographisch in Anlehnung an die Methode von TANGERMANN und NAGENGAST (1996).

Hierfür wurde der Gaschromatograph GC Star 3400 CX® mit FID Detektor (Varian, Sugarland, USA) sowie der Autosampler 8200 CX® (Varian, Sugarland, USA) in Verbindung mit der Software Varian Star 5.3 verwendet. Die Glassäule mit einer Länge von 2 m und einem Innendurchmesser von 2 mm war mit GP 10 % SP - 1200/1 % H₃PO₄ auf 80/100 Chromosorb® WAW (Supelco Nr. 1-1965®, Bellafonte, USA) gefüllt. Als Trägergas wurde Stickstoff (30 ml / min) verwendet. Die Säulentemperatur betrug 120°C, die Injektortemperatur 250°C und die Detektortemperatur 300°C.

4.3.1.1.3 Weitere chemische Parameter

Der Ammoniakgehalt wurde mit einer ionensensitiven Elektrode (Methrom, Zofingen, Schweiz) gemessen. Der Gehalt an D- und L-Laktat im Pansensaft wurde mit dem Autoanalysers (Cobas Mira Roche-Autoanalyzer®, F. Hoffmann-La Roche Ltd., Basel, Schweiz) anhand eines UV-Tests von Scil Diagnostics 1255 bestimmt.

4.3.1.2 Makroskopische Beurteilung der Verdauungsorgane

Nach der Exenteration des Tierkörpers wurden Leber, Lunge und Herz makroskopisch untersucht. Die Schleimhaut des Gastrointestinaltrakts, insbesondere die Pansenschleimhaut, unterlag ebenfalls einer makroskopischen Beurteilung. Von

oben genannten Organen und den Vormägen erfolgte zusätzlich eine photographische Befunddokumentation.

4.3.1.3 Pansenwand

4.3.1.3.1 Probenaufarbeitung

Nach 24-stündiger Aufbewahrung in 4 %iger neutral gepufferter Formalinlösung wurden die Gewebeproben 24 Stunden gewässert. Es folgte eine 24-stündige Lagerung in 50 %igem Ethanol, sowie die anschliessende Aufbewahrung der Proben in 70 %igem Ethanol in luftdicht verschlossenen Gläsern.

Für die anschliessende Paraffineinbettung wurden die Proben, um scharfe Schnittkanten zu erzeugen, zugeschnitten und in Kassetten verbracht (Plastic embedding device[®], Bio optica, Mailand, Italien). Anschliessend wurden die in Tab. 11 aufgeführten Programmschritte in einem Gewebeeinfiltrationsgerät (TP 1020[®], Leica, Wetzlar, Deutschland) durchlaufen und das Gewebe an einer Paraffinausgiesstation (EG 1160[®], Leica, Wetzlar, Deutschland) in Paraffin (Histowax[®], Leica, Wetzlar, Deutschland) eingebettet.

Tab. 11: Protokoll der Entwässerung und Infiltration der Gewebeproben mit Paraffin

Programmschritt	Zeit	Reagens
1.	4h	Ethanol 70%
2.	4 h	Ethanol 70%
3.	4 h	Ethanol 80%
4.	4h	Ethanol 96%
5.	4 h	Ethanol 96%
6.	4 h	Ethanol 100%
7.	4h	Ethanol 100%
8.	4 h	Xyolol
9.	4 h	Xylol
10.	4 h	Paraffin
11.	4 h	Paraffin

4.3.1.3.2 Histologische Methode

An einem Rotationsmikrotom (RM 2155[®], Leica, Wetzlar, Deutschland) wurden 5 µm dicke Paraffinschnitte angefertigt, die nach Verwendung eines Paraffinstreckbades und -strecktisches (TFB 35[®], Medite, Burgdorf, Deutschland) auf Objektträger (Bio optica[®], Mailand, Italien) aufgezogen wurden. Anschliessend erfolgte eine mindestens 12-stündige Trocknung bei 37°C in einem Brutschrank (BE 400/3 TWW[®], Memmert, Schwabach, Deutschland).

Von jeder Gewebeprobe wurde an zwei Schnitten eine alkoholische Hämalaun-Eosin-Färbung (Hämalaun nach MAYER) durchgeführt.

4.3.1.3.3 Beurteilung und Befunddokumentation

Die mikroskopische Untersuchung erfolgte an einem Lichtmikroskop bei 200facher und 400facher Vergrösserung (Leica DM LB2[®], Leica Microsystems Ltd., Heerbrugg, Schweiz). An den Paraffinschnitten des Pansens wurde das Pansenepithel (*Lamina epithelialis mucosae*) und dessen bindegewebiges Grundgerüst (*Lamina propria mucosae*) eingehend betrachtet, sowie anschliessenden beschrieben. Bei den Tieren, bei denen im histologischen Bild der Pansenzotten Mikroabszesse zu sehen waren, wurden sowohl die Zotten als auch die Mikroabszesse pro histologischen Schnitt gezählt. Im Folgenden konnte hieraus der Index Mikroabszesse pro Zotte und somit ein Anhaltspunkt für die Anzahl der Mikroabszesse errechnet werden. Eine photographische Befunddokumentation erfolgte mit einer am Lichtmikroskop installierten Digitalkamera (Leica DC Camera[®], Leica Microsystems, Heerbrugg, Schweiz).

4.3.1.4 Blut

Die Bestimmung der blutchemischen Parameter aus Serum, EDTA-Plasma bzw. Fluorid-Plasma wurde mit einem Autoanalyser (Cobas Mira Roche-Autoanalyzer[®], F. Hoffmann-La Roche Ltd., Basel, Schweiz) durchgeführt (Tab. 12).

Tab. 12: Bestimmung der blutchemischen Parameter

Parameter	Probenmaterial	Testkit	Methode
L-Lactat	EDTA-Plasma	ABX Pentra A11A01721	UV-Test
NEFA	Serum	WAKO 994-75409	Farbtest

4.3.1.5 Klaue

Die entnommenen Klauen aller Tiere wurden makroskopisch beurteilt. Von jeweils zwei Tieren jeder Tierart wurden die Klauen ausgewählt um im Bereich des Blättchenhorns Kryoschnitte herzustellen.

4.3.1.5.1 Herstellung der Kryoschnitte

Mit Hilfe einer Bandsäge wurde bis zur Mitte der Klauenwand, im Bereich des Blättchenhorns, ein ca. 1 cm x 1 cm x 1 cm grosses Blöckchen ausgesägt (Abb. 14). Anschliessend wurden die Blöckchen 72 Stunden in einer Lösung mit 1,25 % Formalin und 2,5 % Glutaraldehyd fixiert. Nach einstündigem Wässern wurden die Blöckchen im Kryostat (CM 3050[®], Leica, Nussloch, Deutschland) unter einer Kammertemperatur von ca. – 25°C in 10 µm dicke Scheiben geschnitten (Abb. 14). Dabei lag die distale Schnittfläche der Blöckchen im Blättchenbereich.

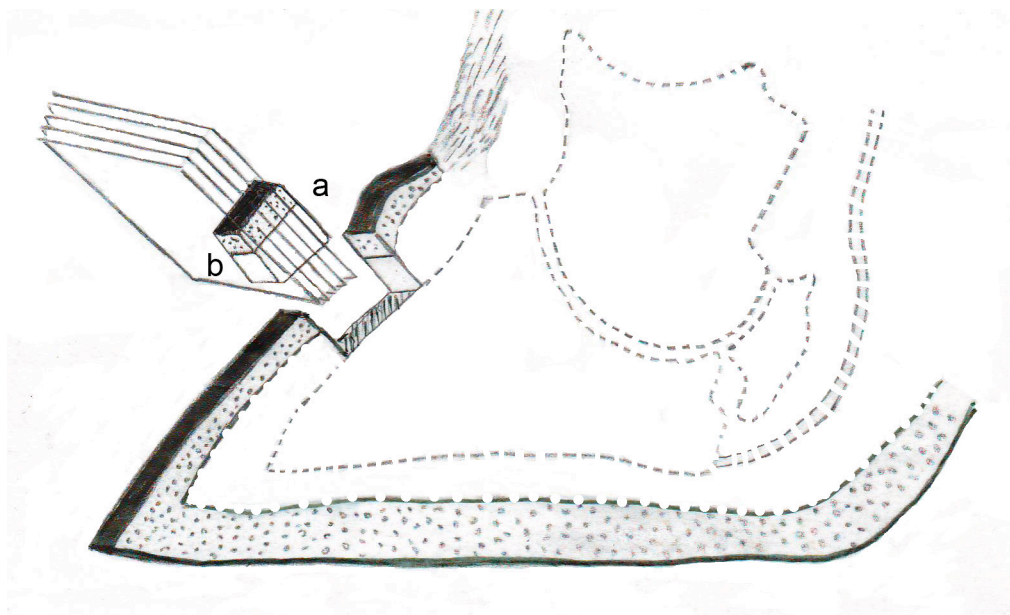


Abb. 14: Schematische Darstellung der Schnittführung an der Klaue
(a= proximaler Schnitt, b = distaler Schnitt)
(modifiziert nach ANDERSSON und BERGMAN 1980)

4.3.1.5.2 Färbung der Kryoschnitte

Eine schwimmende Färbung erfolgte zum einen mit AB-PAS (Alcianblau-Perjodsäure-Schif'sches Reagenz) und zum anderen mit Hämalaun-Eosin. Nachdem beide Färbungen über Nacht nachgebläut haben, war die AB-PAS-Färbung am nächsten Tag beendet, wohingegen die HE-Färbung am folgenden Tag durch eine Gegenfärbung mit Eosin abgeschlossen wurde.

In der AB-PAS-Färbung sind Kerne, Granula und das Plasma nicht verhornter Zellen blau, verhornte Zellen stellen sich hellrosa dar. Markräume der Hornröhrchen, Membranen und interzelluläre Kittsubstanz sind dunkelrosa, wohingegen degenerative Prozesse, die reich an Glykoproteinen sind, leuchtend rosa (PAS-positiv) hervortreten.

In der HE-Färbung sind Zellkerne blau, das Zytoplasma nicht verhornter Zellen rot und verhornte Zellen hell oder rosa.

Nach dem Färben wurden die Schnitte in Glycingelantine eingebettet und auf Objektträger (Bio optica[®], Mailand, Italien) aufgezogen.

4.3.1.5.3 Beurteilung und Befunddokumentation

Die mikroskopische Untersuchung der Kryoschnitte erfolgte an einem Lichtmikroskop (Leica DM LB2[®], Leica Microsystems Ltd., Heerbrugg, Schweiz) bei 50facher, 100facher und 200facher Vergrößerung. Beurteilt wurden das Saumhorn, das Kronhorn (Aussen- und Innenzone), sowie der Blättchenbereich mit Kappenhorn und Basalmembran. Insbesondere im Bereich des Blättchenhornes wurde nach hinweisenden Veränderungen bezüglich der Klauenreihe gesucht. Eine photographische Befunddokumentation erfolgte mit einer am Lichtmikroskop installierten Digitalkamera (Leica DC Camera[®], Leica Microsystems, Heerbrugg, Schweiz).

4.3.2 Futter

4.3.2.1 Futtermittelanalyse

4.3.2.1.1 Probenvorbereitung

Die Raufutter- und Kraftfutterproben, sowie das Gras nach vorheriger Lyophilisierung (Bench Top 2K[®], VirTis, USA), wurden mit einer Mühle (Retsch Mühle[®], Schieritz und Hauenstein AG, Schweiz) mit einem 1 mm feinem Sieb gemahlen.

Die Saftfutterproben wurden mechanisch zerkleinert (Mio Star[®], Migros, Schweiz).

4.3.2.1.2 Trockensubstanz und Rohnährstoffe

Die Trockensubstanz und Rohnährstoffgehalte wurden nach den Vorschriften der Weender Futtermittelanalyse am Institut für Tierernährung der Vetsuisse – Fakultät der Universität Zürich bestimmt. Um Messfehler auszuschliessen wurden in der Regel Doppelbestimmungen gemacht, deren Mittelwert angegeben wird.

Trockensubstanz (TS):

Für die Bestimmung der Trockensubstanz wurde Probenmaterial bei 105°C im Trockenschrank (UT 6060[®], Heraeus, Hanau, Deutschland) bis zur Gewichtskonstanz (mind. 3 h) getrocknet.

Rohasche (Ra):

Zur Bestimmung der Rohasche wurde Probenmaterial im Muffelofen (Barnstead Thermolyne Muffle Furnace 30400[®], Barnstead International, USA) bei 550°C über 16 Stunden verascht.

Rohprotein (Rp):

Der Rohproteingehalte wurde mit dem Kjeldahlverfahren bestimmt. Hierfür wurde Probenmaterial mit konzentrierter Schwefelsäure oxidiert, um den Stickstoff (N) in die Ammoniumform überzuführen (Digestion System 6, 1007 Digester[®], Foss). Durch Zusatz von 30 %iger Natronlauge wurde der Ammoniak freigesetzt und anschliessend in 0,1 N Schwefelsäure überdestilliert. Die Ermittlung der Ammoniakmenge erfolgte durch Titration mit 0,1 N Natronlauge. Die anschliessende

automatische Berechnung des Rohproteingehaltes erfolgte mit folgender Formel: $R_p = N\text{-Gehalt} \times 6,25$ (2300 Kjeltec Analyzer Unit[®], Foss).

Rohfaser (Rfa):

Das Probenmaterial wurde nach Entfettung mit Azeton (Fibertec Cold Extractor 1021[®], Foss) jeweils 30 min in 1,25 %iger Schwefelsäure und in 1,25 %iger Kalilauge gekocht (Fibertec Hot Extractor 2010[®], Foss). Zwischendurch sowie im Anschluss wurden die Proben mit heissem, destilliertem Wasser gewaschen. Daraufhin folgte ein erneutes Entfetten mit Azeton (Fibertec 1021 Cold Extractor[®], Foss). Im Anschluss wurden die Proben im Trockenschrank getrocknet (UT 6060[®], Heraeus, Hanau, Deutschland) und im Muffelofen verascht (Barnstead Thermolyne Muffle Furnace 30400[®], Barnstead International, USA). Die Ermittlung des Rfa Gehaltes erfolgte durch Subtraktion des Aschegehaltes vom Rfa-Trockengewicht.

N-freie Extraktstoffe (NfE):

Diese Gruppe an Stoffen wurde rechnerisch mit folgender Formel bestimmt:

$$NfE = TS - (Ra + Rfe + Rfa + Rp)$$

4.3.2.1.3 Gerüstsubstanzen

Die einzelnen Gerüstsubstanzen wurden nach der Methode von VAN SOEST (1967) analysiert.

Neutral detergent fiber (NDF):

Zur Bestimmung der Summe der Gerüstsubstanzen, wurde Probenmaterial nach Entfettung mit Azeton (Fibertec Cold Extractor 1021[®], Foss) und Stärkespaltung mit Amylase, eine Stunde in neutraler Detergentienlösung gekocht (Fibertec Hot Extractor 2010[®], Foss). Der Rückstand wurde im Trockenschrank (UT 6060[®], Heraeus, Hanau, Deutschland) getrocknet und im Muffelofen (Barnstead Thermolyne Muffle Furnace 30400[®], Barnstead International, USA) verascht. Der Gehalt an NDF wurde durch Subtraktion des Aschegehaltes vom Trockengewicht errechnet.

Acid detergent fiber (ADF):

Der Gehalt an Cellulose und Lignin wird als acid detergent fiber bezeichnet. Nach Entfettung mit Azeton und Stärkespaltung mit Amylase wurde das Probenmaterial eine Stunde in saurer Detergentienlösung gekocht (Fibertec Hot Extractor 2010[®],

Foss). Nach Trocknung im Trockenschrank (UT 6060[®], Heraeus, Hanau, Deutschland) und Veraschung im Muffelofen (Barnstead Thermolyne Muffle Furnace 30400[®], Barnstead International, USA) konnte der ADF Gehalt durch Subtraktion des Aschegehaltes vom Trockengewicht rechnerisch bestimmt werden.

Acid detergent lignin (ADL):

Zur Bestimmung des Ligningehaltes wurde der Rückstand nach Kochen mit saurer Detergentienlösung (siehe ADF) mit 72 %iger Schwefelsäure hydrolysiert. Nach Trocknung (UT 6060[®], Heraeus Hanau, Deutschland) und Veraschung (Barnstead Thermolyne Muffle Furnace 30400[®], Barnstead International, USA) wurde der Ligningehalt durch Subtraktion des Ascheanteils vom Trockengewicht rechnerisch bestimmt.

4.3.2.2 Rationsberechnung

Aus den durchschnittlichen Tagesrationen und den durch die Analytik erhobenen Daten für die Nährstoffzusammensetzung der Futtermittel wurde eine Rationsberechnung für jede der untersuchten Tierarten durchgeführt. In Verbindung mit Schätzwerten (Anhang 8.2) der einzelnen Tierbestände zum Zeitpunkt der Futterwägung konnten Berechnungen, die sich auf das Körpergewicht bzw. die metabolische Körpermasse beziehen, durchgeführt werden.

4.4 Statistische Methoden

Die Ergebnisse werden jeweils als Mittelwerte (MW) \pm Standardfehler (SF) für die vier untersuchten Tierarten dargestellt.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels des Systat-Programmes (Systat 11, Systat Software, Inc., Point Richmond, CA 94804- 2028, USA). Zur Prüfung der Resultate wurde eine einfache Varianzanalyse ANOVA mit dem Faktor „Gruppe“ verwendet. Als Folgetest wurde eine Kruskal-Wallis One-Way Analyse durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde bei allen Prüfverfahren bei $p = 0,05$ festgelegt. Differenzen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p > 0,05$ werden als nicht signifikant und solche mit einem $p < 0,05$ als signifikant bezeichnet.

5 Resultate

5.1 Tiere

5.1.1 Körpergewicht

In Abb. 15 sind die durchschnittlichen Körpergewichte der untersuchten Tiere aus den einzelnen Wiederkäuerarten aufgeführt. Das durchschnittlich niedrigste Körpergewicht wurde mit $27 \text{ kg} \pm 3,5$ bei den Hirschziegenantilopen ermittelt. Aufgrund des ausgeprägten Geschlechtunterschiedes bezüglich des Körpergewichtes werden bei den Mähnspringern im Folgenden weibliche und männliche Tiere getrennt dargestellt. Bei den weiblichen Mähnspringern ergab der Durchschnittswert des Körpergewichtes $35 \text{ kg} \pm 12,0$, bei den männlichen Tieren lag dieser bei $83 \text{ kg} \pm 25,4$. Das durchschnittliche Körpergewicht der untersuchten Dybowskihirsche und Mendesantilopen betrug $69 \text{ kg} \pm 4,8$ bzw. $69 \text{ kg} \pm 12,5$.

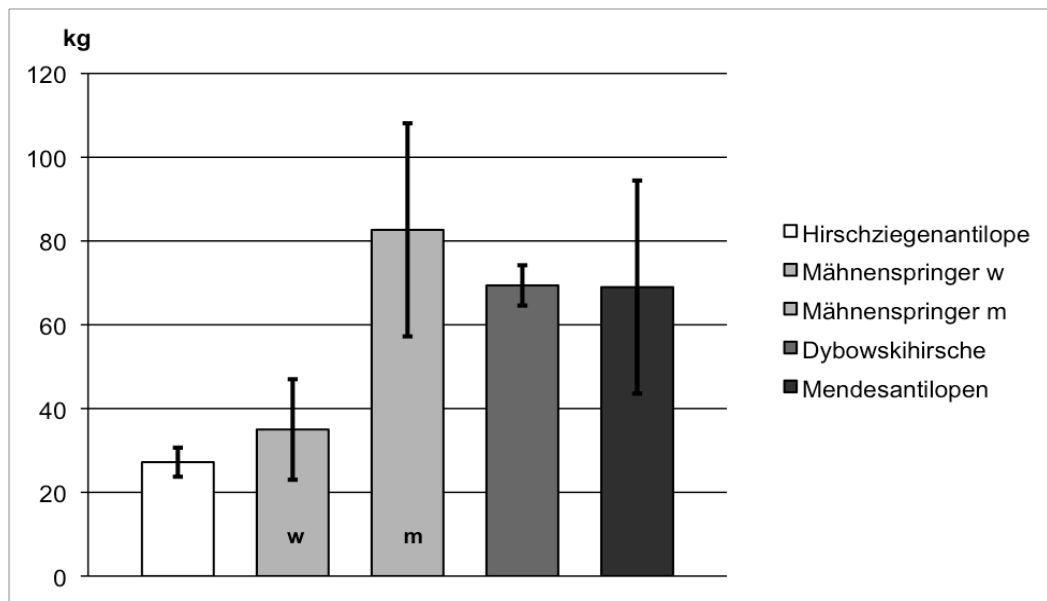


Abb. 15: Durchschnittliches Körpergewicht (KGW in kg) w = weiblich, m = männlich

5.1.2 Pansensaft

5.1.2.1 pH-Wert

Der durchschnittliche pH-Wert im Pansensaft war bei den Mendesantilopen und Hirschziegenantilopen mit $6,3 \pm 0,2$ bzw. $6,3 \pm 0,1$ am niedrigsten. Ein signifikanter Unterschied ($p < 0,047$) ergab sich zwischen dem Pansen pH-Wert der Mendesantilopen und dem der Dybowskihirsche mit $6,6 \pm 0,1$. In der Gruppe der Mähnspringer lag der mittlere pH-Wert bei $6,5 \pm 0,2$.

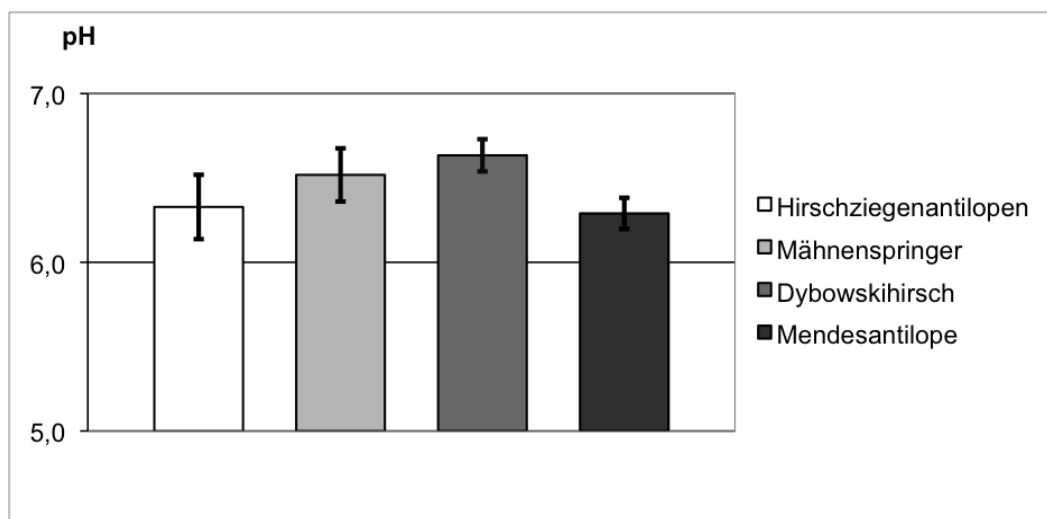


Abb. 16: Durchschnittlicher pH-Wert im Pansensaft

5.1.2.2 Kurzkettige Fettsäuren

5.1.2.2.1 Gesamtmenge

Der Pansensaft enthielt bei den verschiedenen Tierarten durchschnittlich 50-81 mmol/l an den flüchtigen Carbonsäuren Acetat, Propionat, Iso-Butyrat, Butyrat, Iso-Valerianat und Valerianat. Die genauen Werte für die drei wichtigsten Carbonsäuren Acetat, Propionat und Butyrat sowie die Gesamtmenge sind der Tab. 13 zu entnehmen. Die Konzentrationen des Iso-Butyrats, des Iso-Valerianats und des Valerianats waren bei einigen Tieren nicht nachweisbar bzw. so gering ($< 1 \text{ mmol/l}$), dass auf ihre Darstellung nachfolgend verzichtet wird. Die mittlere Gesamtmenge an kurzkettigen Fettsäuren bei den Dybowskihirschen betrug $50 \text{ mmol/l} \pm 5,7$ und war somit signifikant niedriger als bei den Mähnspringern ($p < 0,047$) und signifikant niedriger als bei den Mendesantilopen ($p < 0,027$).

Tab. 13: Konzentrationen der kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft in MW \pm Standardfehler

Tierart	Acetat (mmol/l)	Propionat (mmol/l)	Butyrat (mmol/l)	Gesamtmenge (mmol/l)
Hirschziegenantilopen	47,3 \pm 5,1	13,1 \pm 3,7	8,5 \pm 1,3	71 \pm 8,9
Mähnenspringer	61,1 \pm 12,1	11,7 \pm 1,2	6,4 \pm 1,0	81 \pm 13,0
Dybowskihirsche	31,5 \pm 3,5	11,1 \pm 1,0	5,2 \pm 1,3	50 \pm 6,0
Mendesantilopen	56,8 \pm 4,2	12,8 \pm 1,1	9,1 \pm 1,4	80 \pm 7,0

5.1.2.2.2 Prozentualer Anteil

Bei allen vier Tierarten ergab sich eine ähnliche Verteilung der prozentualen Anteile der kurzkettigen Fettsäuren (Abb. 17). Der Acetatanteil lag im Bereich von 66-77 %, der Propionatanteil lag bei 15-23 % und der Butyratanteil betrug zwischen 8-12 % der Gesamtkonzentration der kurzkettigen Fettsäuren.

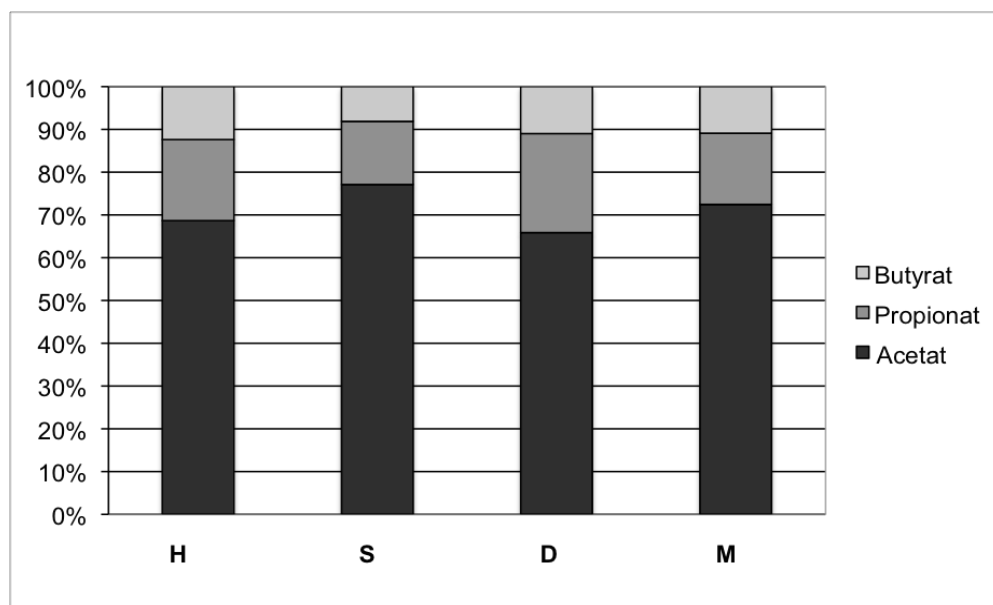


Abb. 17: Durchschnittliche prozentuale Verteilung der kurzkettigen Fettsäuren

5.1.2.2.3 Zusammenhang mit Gewicht und pH-Wert

Eine negative Korrelation ergab sich zwischen dem Körpergewicht und der Gesamtmenge an kurzkettigen Fettsäuren im Pansen ($p < 0,05$; $R^2 = 0,6$). Darüber hinaus wurde eine negative Korrelation zwischen dem Pansen-pH-Wert und der Gesamtmenge an kurzkettigen Fettsäuren im Pansen ermittelt ($p < 0,05$; $R^2 = 0,89$) (Abb. 18).

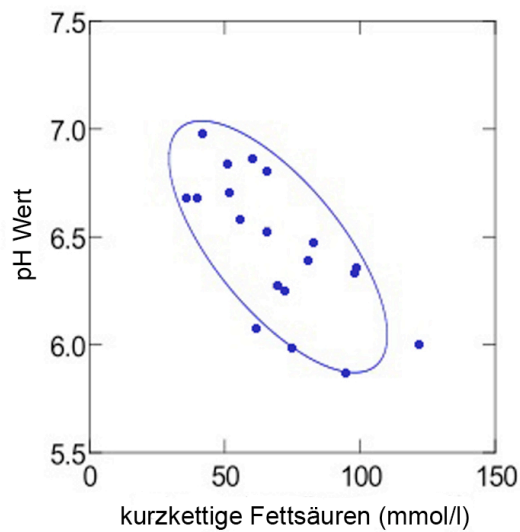


Abb. 18: Negative Korrelation zwischen pH-Wert und kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft

5.1.2.3 Laktat

Bei allen Tieren war im Pansensaft weder D-Laktat noch L-Laktat nachweisbar.

5.1.2.4 Ammoniak

Der durchschnittliche Ammoniakgehalt des Pansensaftes lag bei den Hirschziegenantilopen, Dybowskihirschen und Mähnspringern zwischen 8 – 13 mmol/l. Signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) ergaben sich zu der mittleren Ammoniakkonzentration im Pansensaft mit $4 \text{ mmol/l} \pm 0,6$ bei den Mendesantilopen.

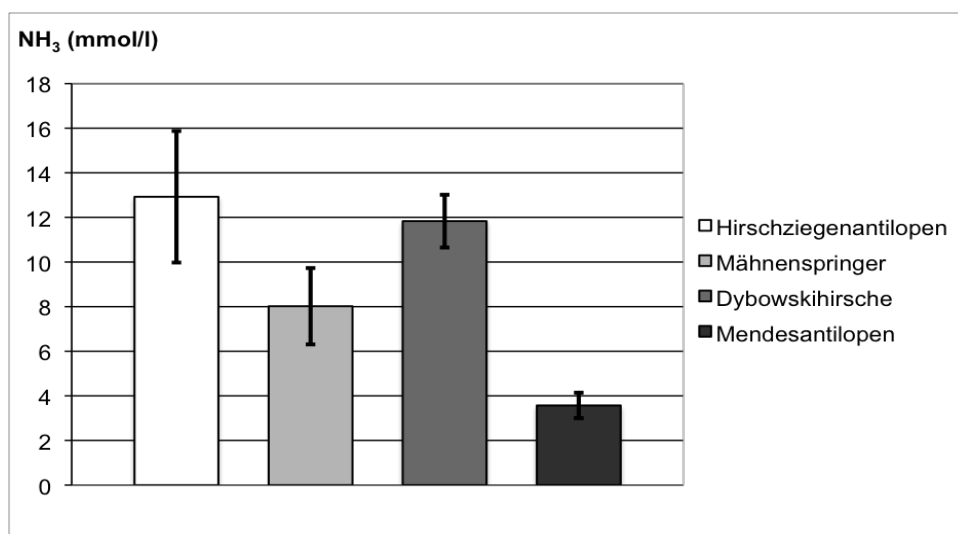


Abb. 19: Durchschnittliche Ammoniakkonzentration (NH₃) im Pansensaft

5.1.3 Makroskopische Beurteilung der Verdauungsorgane

Die Pansenschleimhaut von einer (H5) der fünf untersuchten Hirschziegenantilopen war deutlich gerötet. Durch die vorhergehenden Forkelverletzungen waren die Lebern zweier Tiere fokal verändert.

In der Untersuchungsgruppe der Mähnspringer stellte sich bei drei Tieren (S2, S4, S5) die Vormagenschleimhaut, insbesondere die des Pansens und der Haube, multifokal gerötet dar (Abb. 20/1). Die Leber eines Tieres (S5) war deutlich verändert und eine anschliessende histo-pathologische Untersuchung ergab eine multifokale, kleinherdige, eitrige bis gemischtzellige Hepatitis. Die übrigen Organe waren unauffällig.

Alle Organe sowie die Schleimhäute der Magen-Darm-Trakte der untersuchten Dybowskihirsche zeigten keine Auffälligkeiten.

Bei zwei der untersuchten Mendesantilopen (M4, M5) war die Vormagenschleimhaut, insbesondere die des Pansens und der Haube, diffus gerötet (Abb. 20/2). Alle weiteren Organe waren ohne besonderen Befund.

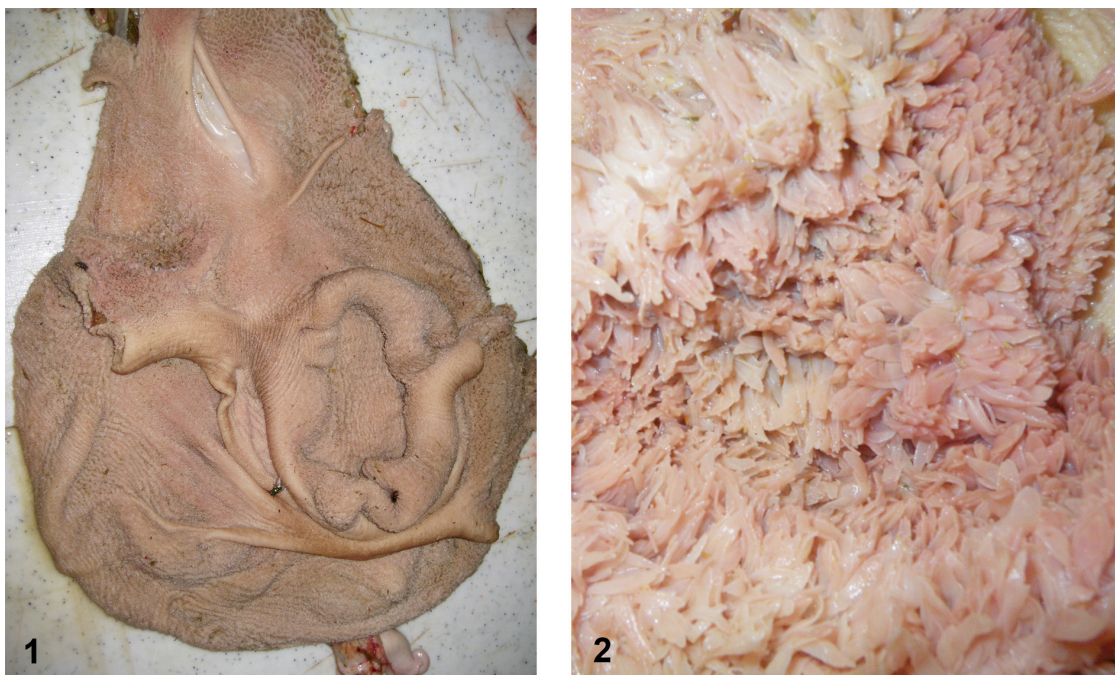


Abb. 20: Pansenschleimhaut von S5 (1) und M4 (2)

5.1.4 Histologie der Pansenwand

Hirschziegenantilopen

Die histologischen Bilder der Pansenzotten der fünf untersuchten Hirschziegenantilopen (H1-H5) wiesen bis auf die oberste Schicht, das *Str. corneum*, eine grosse Ähnlichkeit untereinander auf. Die *Lamina propria mucoasae* war relativ schmal und von dünnen Epithelzapfen durchzogen. Die *Lamina epithelialis mucosae* setzte sich aus dem einschichtigen *Str. basale*, dem ein- bis dreischichtigem *Str. spinosum*, einer Lage *Str. granulosum* und dem *Str. corneum* zusammen. Bei H1 bestand letzteres überwiegend aus ein bis zwei Schichten Ballonzellen und nur aus wenigen Hornzellen vom Typ A. Das *Str. corneum* von H2 setzte sich vorwiegend aus platten Hornzellen zusammen, die z. T. von Ballonzellen unterbrochen wurden. Auffallende Abweichungen waren bei den Tieren H3, H4 und H5 zu sehen. Das *Str. corneum* bestand ebenfalls aus Hornzellen des Typ A, diese Schicht war jedoch nicht durchgehend und wurde an mehreren Stellen von schollenartigen Ablösungen bzw. stark keratinhaltigen Auflagerungen unterbrochen (Abb. 21/1). Bis auf einen Mikroabszess bei H2 (Abb. 21/2) wurden neutrophile Granulozyten nur vereinzelt, diffus verteilt, festgestellt.

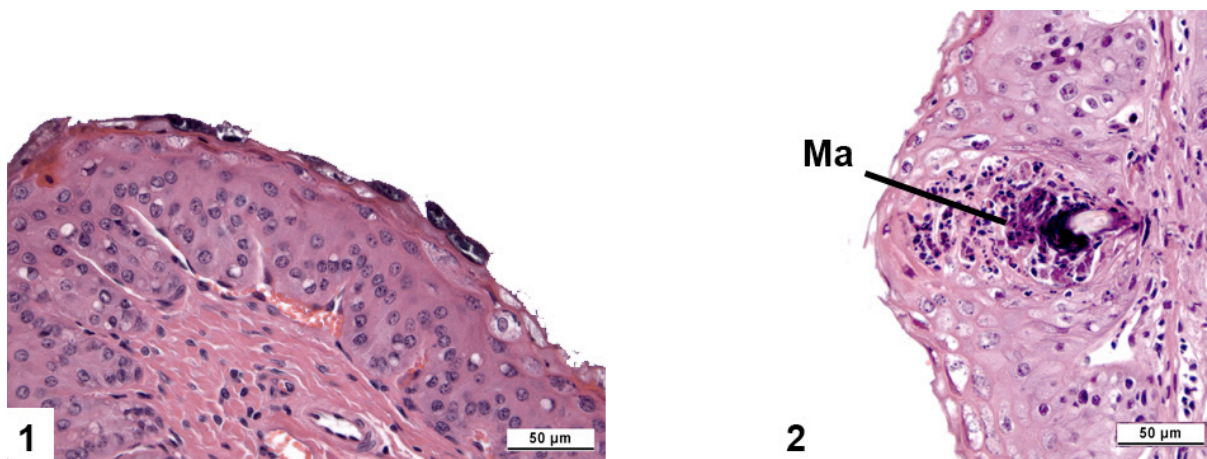


Abb. 21: Histologisches Bild der Pansenschleimhaut der Hirschziegenantilopen: 1 = H5; 2 = H2

Ma = Mikroabszess

Mähnenspringer

Im Folgenden werden die histologischen Schnitte der in dieser Studie untersuchten Mähnenspringer (S1-S5) beschrieben.

S1: Die *Lamina propria mucosae* war deutlich entwickelt und wurde von abgerundeten Epithelzapfen durchzogen. Auffällig waren zahlreiche, sowohl diffus verteilte, als auch in Form von Lymphfollikeln vorliegende Lymphozyten. Auf ein jeweils einschichtiges *Str. basale* der *Lamina epithelialis mucosae* folgten ca. fünf Lagen des *Str. spinosums* und zwei bis drei Schichten Körnerzellen (*Str. granulosum*) mit deutlichem Keratinhyalin. Die oberste Schicht, das *Str. corneum*, bestand aus drei bis fünf Schichten platter Hornzellen, welche sich häufig schollenartig ablösten. Ballonzellen fehlten vollständig. Intraepitheliale Ansammlungen von neutrophilen Granulozyten waren an blasigen Erweiterungen des *Str. corneums* zu beobachten und werden als Mikroabszesse (Abb. 22/1) beurteilt. Pro Zotte wurden durchschnittlich 1,4 Mikroabszesse ermittelt. Zusätzlich befanden sich zahlreiche, im *Str. corneum* diffus verteilte, neutrophile Granulozyten.

S2: In der gut ausgebildeten *Lamina propria mucosae* befanden sich sowohl solitäre Lymphfollikel, als auch diffus verteilte Lymphozyten. Innerhalb der *Lamina epithelialis mucosae* lagen die Basalzellen jeweils einschichtig vor. Das *Str. spinosum* setzte sich aus insgesamt bis zu acht Schichten zusammen, woraufhin im *Str. granulosum* ca. drei Schichten Körnerzellen folgten, die in der obersten Schicht stark gequollen erschienen und deutlich Keratinhyalin beinhalteten. In dieser Schicht traten vermehrt paranukleäre Vesikel auf. Zwei bis vier Schichten sich teilweise ablösender, platter Hornzellen des *Str. corneums* umschlossen die gesamten Zotten. Ballonzellen fehlten vollständig. An einer Zotte befanden sich durchschnittlich 0,15 Mikroabszesse in Form intraepithelialer Einschlüsse von neutrophilen Granulozyten.

S3: In der *Lamina propria mucosae* befanden sich neben weitläufig verteilten, einzelnen Lymphozyten (Abb. 22/2) auch solitäre Lymphfollikel. Die Epithelzapfen der *Lamina epithelialis mucosae* waren niedrig und reichten kaum in die *Lamina propria mucosae* hinein. Auf dem einschichtigen *Str. basale* und dem achtschichtigen *Str. spinosum*, setzte sich das *Str. granulosum* aus drei bis vier Schichten zusammen. Zwei bis drei Schichten platter Hornzellen des *Str. corneums* umschlossen die Zottenoberflächen. Nur an wenigen Stellen befanden sich letzteren aufgelagert bis zu drei Schichten Ballonzellen (Abb. 22/2). Neben durchschnittlich

0,57 intraepithelialen Mikroabszessen pro Zotte, befanden sich innerhalb des *Str. corneums* auch einzeln vorkommende neutrophile Granulozyten.

S4: Die *Lamina propria mucosae* war massiv mit diffus verteilten und in Form von Lymphfollikeln organisierten Lymphozyten infiltriert (Abb. 22/3). Innerhalb der *Lamina epithelialis mucosae* folgte auf das einschichtige *Str. basale* das, aus drei bis sieben Schichten bestehende *Str. spinosum* sowie ein Lage an Körnerzellen, das *Str. granulosum*. Die oberste Schicht, das *Str. corneum* wurde von drei bis fünf Schichten platter Hornzellen dominiert, die sich an vielen Stellen schollenartig ablösen (Abb. 22/3). An manchen Stellen, insbesondere an der Zottenbasis, befanden sich auf den platten Hornzellen eine Schicht Ballonzellen aufgelagert. Oftmals war der zuletzt beschriebene Schichtaufbau nicht mehr erkennbar, da auch die *Lamina epithelialis mucosae* von zahlreichen Lymphozyten infiltriert war. Vakuolenbildung innerhalb des Pansenepithels, sowie solitäre Mikroabszesse (Abb. 22/4), von denen im Mittel eine Anzahl von 1,1 pro Zotte zu erfassen war, wiesen auf deutliche Gewebeeinschmelzungen hin.

S5: In der gut entwickelten *Lamina propria mucosae* befanden sich einzelne, diffus verteilte Lymphozyten. Die *Lamina epithelialis mucosae* setzte sich aus dem einschichtigen *Str. basale*, dem drei- bis fünfschichtigen *Str. spinosum*, dem zweischichtigen *Str. granulosum* und dem aus zwei bis drei Schichten bestehendem *Str. corneum* zusammen. Letzteres bestand zum überwiegenden Teil aus platten Hornzellen, welche sich an einigen Stellen ablösten, und war vereinzelt von neutrophilen Granulozyten durchsetzt.

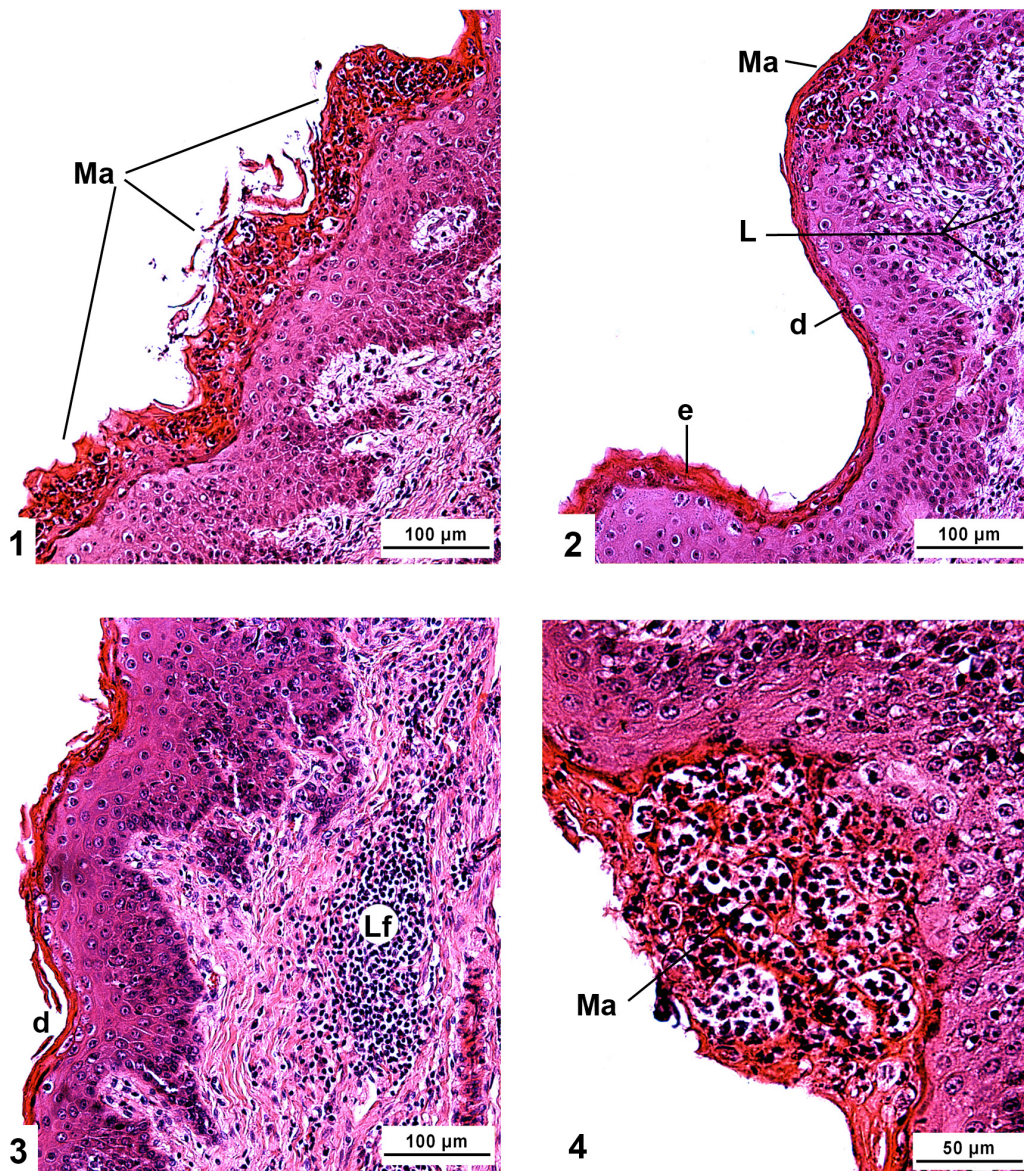


Abb. 22: Histologisches Bild der Pansenschleimhaut der Mähnspringer:

1 = S1; 2 = S3; 3 u. 4 = S4

d = Hornzellen Typ A; e = Hornzellen Typ C;

Ma = Mikroabszess; L = Lymphozyten (diffus verteilt); Lf = Lymphfollikel

Dybowskihirsche

Die histologischen Bilder der Pansenzotten (Abb. 23) der fünf untersuchten Dybowskihirsche (D1-D5) wiesen eine grosse Ähnlichkeit untereinander auf. Die *Lamina propria mucosae* war deutlich entwickelt und wurde von breiten, abgerundeten Epithelzapfen durchzogen. Innerhalb der *Lamina epithelialis mucosae* lagen die Zellen des *Stratum basale* und *Stratum spinosum* in ein bis zwei Schichten vor. Die Dicke des *Stratum granulosum* war bei den Tieren D2, D4 und D5 ein- bis zweilagig, während bei D1 und D3 an manchen Stellen bis zu drei bzw. vier Schichten an Körnerzellen vorlagen. Das *Stratum corneum* bestand bei allen Tieren, mit Ausnahme von D2 und D3 aus bis zu vier bis fünf Schichten aufgequollener Ballonzellen (Hornzellen Typ C), während die darunter liegende Barrierschicht (Hornzellen Typ A) lichtmikroskopisch an vielen Stellen nicht nachweisbar war. Bei D2 und D3 bestand die Ballonzellschicht teilweise aus nur zwei Schichten und an einigen Stellen, insbesondere an der Zottenbasis, gingen diese gegen basal in platte Hornzellen (Typ A) über.

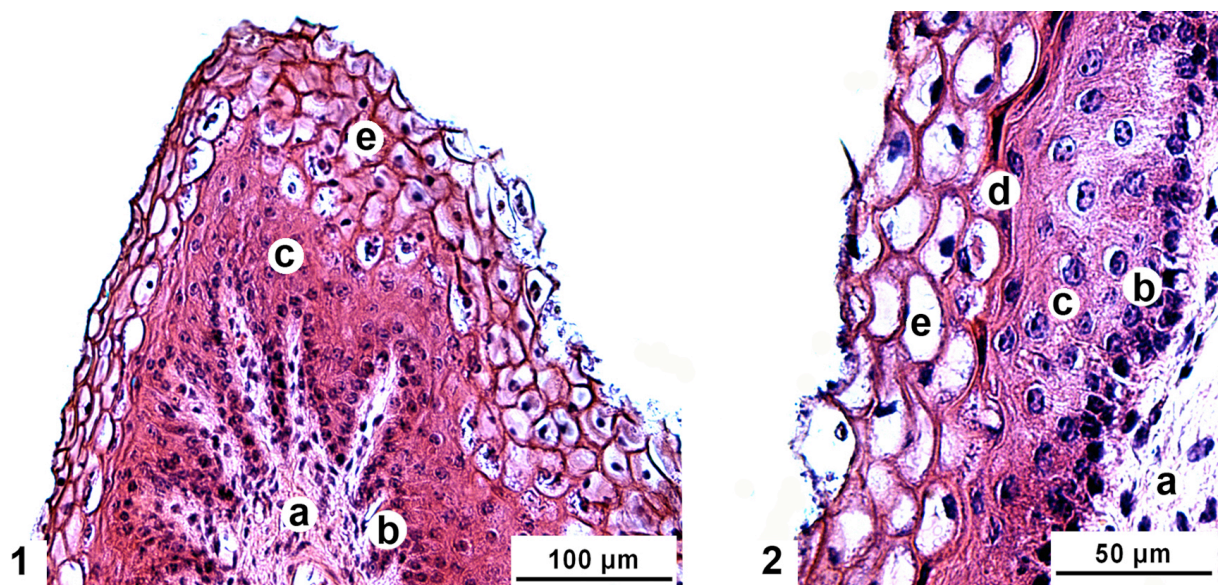


Abb. 23: Histologisches Bild der Pansenschleimhaut der Dybowskihirsche:

1 = D3 linker Zottenrand: Ballonzellschicht geht über in platte Hornzellschicht;

2 = D1 Schichtung des Epithels

a = Lamina propria mucosae, b = Str. basale und Str. parabasale, c = Str. spinosum,

d-e = Str. corneum mit d= Hornzellen Typ A (Barrierschicht) und e = Hornzellen Typ C (Ballonzellen)

Mendesantilopen

Die histologischen Schnitte der Pansenwand der in dieser Studie untersuchten Mendesantilopen(M1-M5) werden im Folgenden beschrieben:

M1: Neben einzelnen Lymphfollikeln befanden sich innerhalb der *Lamina propria mucosae* auch zahlreiche diffus verteilte Infiltrate an Entzündungszellen (Abb. 24/2). Das *Str. basale* der *Lamina epithelialis mucosae* war einschichtig und an manchen Stellen von entzündlichen Infiltraten durchsetzt. Auf ein drei- bis neunschichtiges *Str. spinosum* und dem zweischichtigen *Str. granulosum* folgte das aus zwei Schichten platter Hornzellen und vereinzelt Ballonzellen bestehende *Str. corneum*. An 28 Zotten konnten sieben Veränderungen in Form von Mikroabszessen gezählt werden, was einen Durchschnittswert von 0,25 Mikroabszessen pro Zotte ergab.

M2: Diffus verteilte Lymphozyten sowie vereinzelte Lymphfollikel befanden sich innerhalb der *Lamina propria mucosae*. Auffallend war, dass sämtliche Gefässe innerhalb dieser Schicht mit zahlreichen Erythrozyten gefüllt waren (Abb. 24/1). Innerhalb der *Lamina epithelialis mucosae* war das *Str. basale* einschichtig und wie das anschliessende fünfschichtige *Str. spinosum* an manchen Stellen von neutrophilen Granulozyten durchsetzt. Die in bis zu drei Schichten vorgelegenen Körnerzellen des *Str. granulosums* zeigten deutliche paranukleäre Vesikel. Die Zottenoberfläche, das *Str. corneum*, war von drei bis vier Schichten platter Hornzellen umschlossen wobei diesen vereinzelt Ballonzellen aufgelagert waren. An insgesamt 24 Zotten befanden sich innerhalb der *Lamina epithelialis mucosae* 19 Mikroabszesse (Abb. 24/1), woraus sich im Mittel 0,79 Mikroabszesse pro Zotte ergaben.

M3: In der mit Lymphozyten durchsetzten *Lamina propria mucosae* waren alle Gefässanschnitte mit zahlreichen Erythrozyten gefüllt. Die *Lamina epithelialis mucosae* bestand aus einem einschichtigem *Str. basale*, einem bis zu sieben Schichten bestehenden *Str. spinosum* und aus zwei Schichten Körnerzellen, dem *Str. granulosum*, mit deutlichem Keratinhyalin. Die oberste Schicht, das *Str. corneum*, setzte sich aus drei Schichten platter Hornzellen zusammen. Vereinzelt, vor allem an der Zottenbasis waren diesen zwei Schichten Ballonzellen aufgelagert. Innerhalb der *Lamina epithelialis* befanden sich nur wenige solitäre Mikroabszesse, durchschnittlich 0,29, jedoch zahlreiche diffus verteilte neutrophile Granulozyten.

M4: Die *Lamina propria mucosae* war sehr schwach ausgebildet und wurde von schmalen Epithelzapfen durchzogen. Auf das einschichtige *Str. basale* folgten zwei bis drei Schichten des *Str. spinosums* sowie eine Schicht Körnerzellen, mit zum Teil deutlich sichtbarem Keratinhyalin. Das *Str. corneum* setzte sich meistens aus platten Hornzellen zusammen, an einigen Stellen jedoch aus einer Schicht Ballonzellen.

M5: Innerhalb der schmalen *Lamina propria mucosae* befanden sich mehrere solitäre Lymphfollikel, sowie einzelne Gefässanschnitte mit einer deutlichen Erythrozytenansammlung. Anschliessend an das einschichtige *Str. basale* der *Lamina epithelialis mucosae* stellte sich auffallend dünn das *Str. spinosum* mit nur ein bis maximal zwei Schichten dar. Darauf folgt eine Schicht Körnerzellen des *Str. granulosums*. Die oberste Schicht, das *Str. corneum* bestand aus einer Schicht platter Hornzellen, die an einigen Stellen in eine einlagige Ballonzellschicht überging. Intraepitheliale Ansammlungen von neutrophilen Granulozyten waren diffus verteilt.

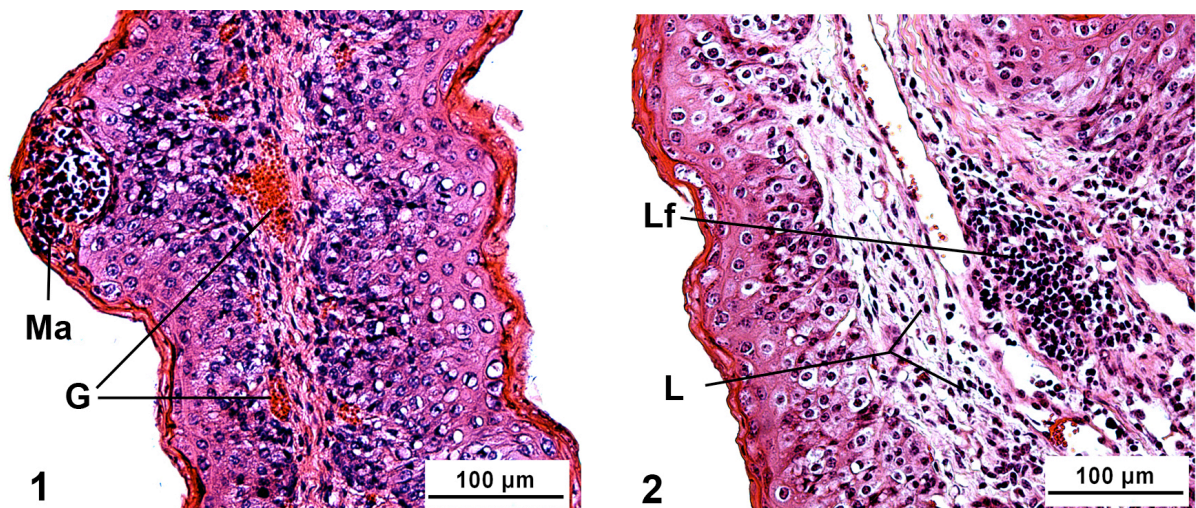


Abb. 24: Histologisches Bild der Pansenschleimhaut der Mendesantilopen:

1 = M2; 2 = M1

Ma = Mikroabszess; G = Gefässe (mit Erythrozyten gefüllt);

Lf = Lymphfollikel; L = Lymphozyten (diffus verteilt)

5.1.5 Blutchemische Parameter

Der nachfolgenden Tabelle sind die mittleren Konzentrationen von L-Laktat und nicht esterifizierten Fettsäuren (NEFA) im Blut zu entnehmen.

Tab. 14: L-Laktat und NEFA (Non-Esterified Fatty Acids) Konzentration in MW \pm Standardfehler

Tierart	L-Laktat (mmol/l)	NEFA (mmol/l)
Hirschziegentilopen	17,0 \pm 3,8	0,2 \pm 0,09
Mähnspringer	7,8 \pm 2,2	0,4 \pm 0,10
Dybowskihirsche	11,0 \pm 2,2	0,3 \pm 0,04
Mendesantilopen	10,7 \pm 1,7	0,1 \pm 0,01

Bei der L-Laktatkonzentration ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Tierarten. Die durchschnittliche NEFA – Konzentration der Mendesantilopen war jedoch signifikant ($p < 0,040$) niedriger als bei den anderen Tierarten.

5.1.6 Klauen

5.1.6.1 Makroskopische Beurteilung

Bei allen untersuchten Dybowskihirschen, Mendesantilopen sowie Hirschziegentilopen fielen makroskopisch keine pathologischen Veränderungen an den Klauen auf. In der Gruppe der Mähnspringer waren bei zwei Tieren, S3 und S4, insbesondere die hinteren Klauen, durch übermässiges Wachstum und Rillenbildung parallel zum Kronsaum, stark deformiert (Abb.25).



Abb. 25: Linke hintere Klaue von S3

5.1.6.2 Beurteilung der Kryoschnitte

Bei allen vier untersuchten Tierarten bestand die Wandlederhaut aus Primärblättchen. Nur bei einer Mendesantilope befanden sich im Spitzenbereich der Primärblättchen vereinzelt auch Sekundärblättchen. Die häufig relativ kräftige, PAS-positive Basalmembran war mit dem *Str. basale* fest verbunden und wies in keinem der Fälle morphologische Veränderungen auf. Die Epidermis des Wandsegmentes zeigte die Hornblättchen und das relativ weiche Kappenhorn sowie distal das zwischen den Hornblättchen liegende Terminalhorn. Hier wurden in einzelnen Fällen Veränderungen am Epithel gefunden, so dass sich die veränderten und oft schon zerfallenden Hornzellen mit PAS deutlich rot färbten. Beim Mähnspringer S4 stellte sich das Kappenhorn im proximalen Schnitt (a) deutlich PAS-positiv dar. Im distalen Schnitt (b) hingegen war, beginnend am Terminalhorn, intensiver Zerfall des Kappen- und Terminalhorns, sowie Blutansammlungen im Bereich des zerfallenen Hornes zu sehen (Abb. 26/1).

Am Kronhorn, welches sich über das Wandsegment schiebt, waren deutliche tierartliche Unterschiede hinsichtlich der Röhrchenstrukturen auszumachen. Während die Hornröhrchen der Mähnspringer einen runden Querschnitt hatten (Abb. 26/1), erscheinen die der übrigen Tierarten vorwiegend abgeplattet bzw. queroval.

Bei nahezu allen untersuchten Tieren traten im Bereich des Kronhorns vereinzelt Röhrchen mit erweiterten Markräumen auf. Bei beiden Mähnspringer waren zusätzlich im Bereich der Aussenzone deutliche Mikrorisse in der Hornstruktur zu sehen (Abb. 26/2).

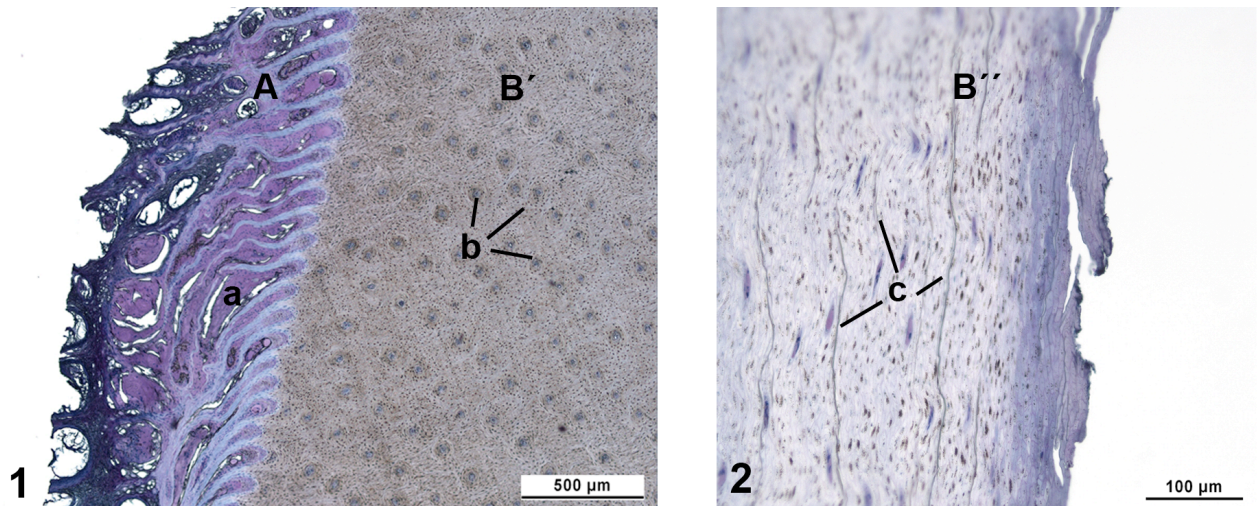


Abb. 26: 1 = Querschnitt durch die Zehenwand im Bereich der Lederhautblättchen (AB-PAS)

2 = Querschnitt im Bereich des Kronhorns (AB-PAS)

A = Lederhautblättchen mit zerfallenem Kappen und Terminalhorn (a)

B' = Kronhorn (Innenzone) mit runden Hornröhrchen (b)

B'' = Kronhorn (Aussenzone) mit Mikrorissen (c)

5.2 Futter

5.2.1 Rationsberechnung

5.2.1.1 Rationszusammensetzung

In den nachfolgenden Tabellen (Tab. 15 und 16) sind die in den Rationen der einzelnen Tierarten enthaltenen Rohnährstoffkonzentrationen sowie der Gehalt an Gerüstsubstanzen dargestellt.

Tab. 15: Rohnährstoffgehalt in % der Trockensubstanz (So = Sommer; Wi = Winter)

Rp = Rohprotein; Rfa = Rohfaser; Rfe = Rohfett; NfE = N-freie Extraktstoffe;

Tierart	Rp		Rfa		Rfe		Nfe	
	So	Wi	So	Wi	So	Wi	So	Wi
Hirschziegenantilopen	17,7	16,8	15,1	14,1	3,0	3,0	55,4	57,9
Mähnenspringer	12,9	12,4	24,8	25,0	2,7	2,6	50,5	51,2
Dybowskihirsche	13,3	11,3	18,1	14,9	3,4	2,5	58,1	64,5
Mendesantilopen	12,4	11,9	24,3	25,0	2,6	2,6	51,9	51,5

Tab. 16: Gehalt an Gerüstsubstanzen in % der Trockensubstanz (So = Sommer; Wi = Winter)

NDF=Neutral Detergent Fiber; ADF=Acid Detergent Fiber; ADL=Acid Detergent Lignin

Tierart	NDF		ADF		ADL	
	So	Wi	So	Wi	So	Wi
Hirschziegenantilopen	39,9	39,4	18,6	17,5	3,6	3,6
Mähnenspringer	53,0	54,5	30,0	30,1	5,1	4,3
Dybowskihirsche	45,0	37,8	22,7	19,3	3,7	3,5
Mendesantilopen	53,0	54,1	29,0	29,8	4,0	4,0

Der prozentuale Anteil des langfasrigen Raufutters an der Gesamtration ist in Tab. 17 aufgeführt.

Tab. 17: Anteil des Raufutters (langfasrig) in % an den Gesamtrationen (in Bezug auf die TS)
So = Sommer; Wi = Winter

Tierart	Raufutter	
	So	Wi
Hirschziegenantilopen	13,9	15,7
Mähnenspringer	84,9	79,3
Dybowskihirsche	31,8	18,2
Mendesantilopen	76,5	76,9

5.2.1.2 Trockensubstanzaufnahme

In Abbildung 27 ist die durchschnittliche tägliche Trockensubstanzaufnahme der jeweiligen Tierart in Bezug auf ihr Körpergewicht (KGW) zur Sommer- sowie Winterfütterung beschrieben. Die höchsten Werte mit 4,3 bzw. 5,2 % des KGW im Sommer bzw. Winter ergaben sich bei den Hirschziegenantilopen. Die Mähnenspringer nahmen im Sommer 2,6 und im Winter 2,8 % ihres KGW als Trockensubstanz auf. Ähnliche Werte mit 1,6 bzw. 1,8 % des KGW erreichten die Mendesantilopen. Die niedrigsten Werte mit durchschnittliche 1,5 bzw. 1,8 % des KGW im Sommer bzw. Winter erreichten die Dybowskihirsche.

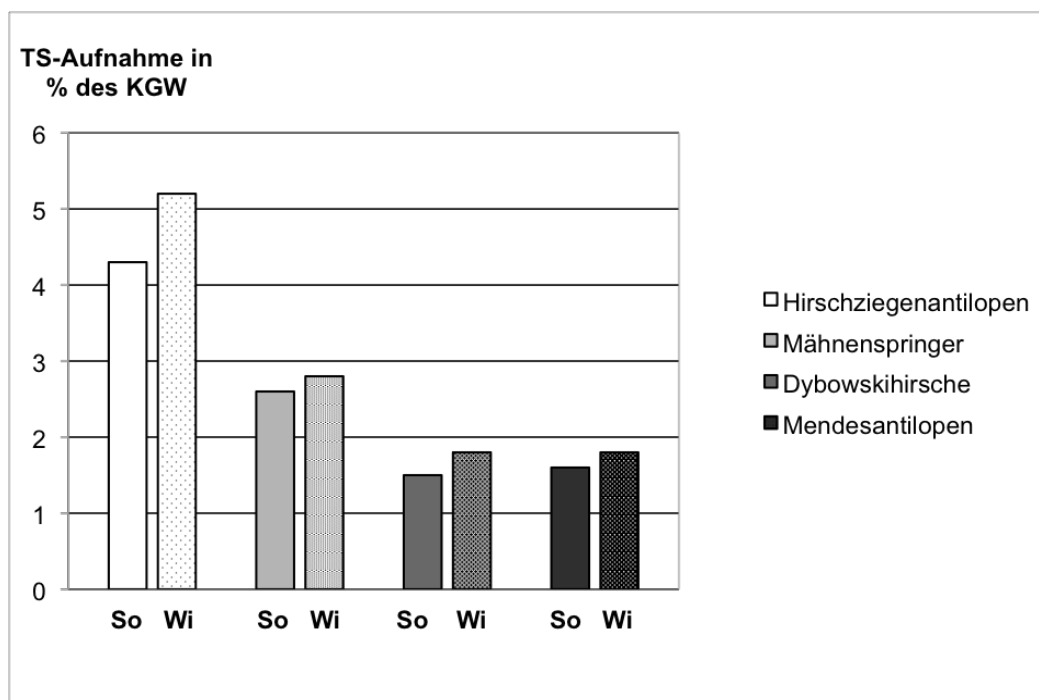


Abb. 27: Trockensubstanz-Aufnahme in Bezug auf das Körpergewicht; So=Sommer; Wi=Winter

5.2.1.3 Rohproteinaufnahme

Aus der Abbildung 28 sind die täglichen durchschnittlichen Rohproteinaufnahmen im Sommer wie im Winter der einzelnen Tierarten bezogen auf ihre metabolische Körpermasse ($KM^{0,75}$) zu entnehmen.

Bei den Hirschziegenantilopen ergaben sich mit 16,4 bzw. 18,8 g Rp/kg $KM^{0,75}$ im Sommer bzw. Winter die höchsten Werte. Die Rohproteinaufnahme der Mähnspringer ergab im Sommer mit 8,9 g Rp/kg $KM^{0,75}$ sowie im Winter mit 9,5 g Rp/kg $KM^{0,75}$. Bei den Mendesantilopen lag sie im Sommer bei 6,6 g Rp/kg $KM^{0,75}$, im Winter bei 7,2 g Rp/kg $KM^{0,75}$. Die durchschnittliche Rohproteinaufnahme im Sommer und Winter unterschied sich mit 5,5 und 5,7g Rp/kg $KM^{0,75}$ bei den Dybowskihirschen kaum.

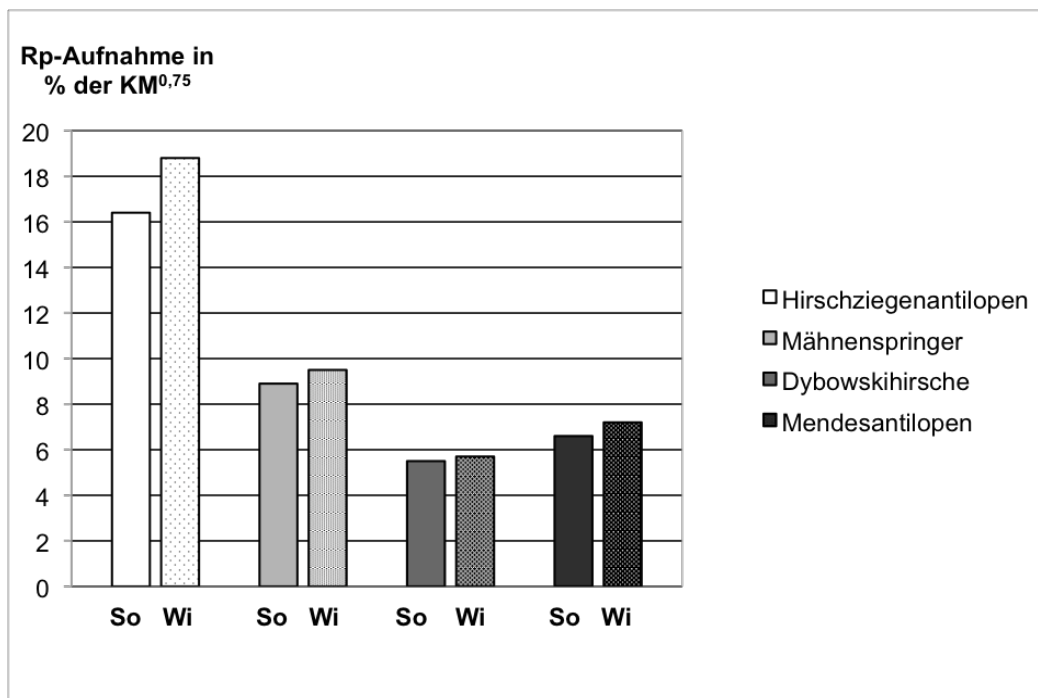


Abb. 28: Rohprotein-Aufnahme in Bezug auf die metabolische Körpermasse;
So = Sommer; Wi = Winter

6 Diskussion

In der nachfolgenden Diskussion werden zunächst alle Parameter einzeln diskutiert (Kapitel 6.1 bis 6.5). Im Anschluss werden im Kapitel 6.6 die für die subklinische Pansenazidose relevanten Parameter erneut aufgegriffen und deren Bedeutung bei dieser Erkrankung herausgestellt.

6.1 Körpergewicht

Das durchschnittliche Körpergewicht der untersuchten Hirschziegenantilopen lag mit 27 kg im unteren Bereich des von GRZIMEK (2000) angegebenen Normalbereiches von 25 bis 45 kg. Neben vier adulten Tieren befand sich nur ein jüngeres Tier (10 Monate) in der Untersuchungsgruppe. Das Gewicht der Mähnspringer unterliegt einem ausgeprägtem Geschlechtsdimorphismus. Während weibliche Tiere ein Körpergewicht zwischen 40 bis 55 kg erreichen, liegt dieses bei männlichen Tieren mit 110 bis 140 kg Körpergewicht deutlich höher (GRZIMEK 2000). Unter den fünf untersuchten Mähnspringern befand sich ein 8 Monate altes Jungtier (0,1) und vier adulte Tiere (3,1). Das Durchschnittsgewicht der untersuchten weiblichen Tiere lag mit 35 kg unterhalb, das der männlichen Tiere mit 83 kg deutlich unterhalb der Referenzbereiche. Bei allen fünf untersuchten Dybowskihirsche handelte es sich um ca. ein- bis zweijährige, männliche Tiere. Das durchschnittliche Körpergewicht dieser Tiere liegt innerhalb des für Sikahirsche angegebenen Normalbereiches von 25-110 kg. (GRZIMEK 2000). Die Untersuchungsgruppe der Mendesantilope setzte sich aus vier etwa einjährigen Tieren und einem deutlich älteren, 9 jährigen Tier zusammen. Der Mittelwert ergab ein Gewicht von 69 kg und bewegte sich somit im unteren Bereich des von GRZIMEK (2000) angegebenen Normalbereiches von 60-125 kg.

Bis auf die Dybowskihirsche liegen die durchschnittlichen Körpergewichte aller untersuchten Tiere im unteren Normalbereich, was auf eine nicht ausreichende Versorgung mit Energie schliessen lässt. Da die Tiere jedoch täglich gefüttert werden und Heu jeder Zeit zur Verfügung steht, kann nicht von einem absoluten Mangel an Energieaufnahme durch das Futter ausgegangen werden. Vielmehr deutet dies auf eine Störung im Energiestoffwechsel im Pansen bzw. an der Pansenschleimhaut hin, da dort die kurzkettigen Fettsäuren als Energielieferanten gebildet und resorbiert werden.

6.2 Pansenparameter

6.2.1 Parameter der mikrobiellen Fermentation

Das Fermentationsmuster im Pansen und dessen zeitlicher Verlauf wurden in mehreren Studien an Hauswiederkäuern untersucht (KAUFMANN und ROHR 1966; STEGER et al. 1970; MÜNCHOW und EDVI 1975). Zum einen hat die Zusammensetzung des Futters, insbesondere jedoch der zeitliche Zusammenhang mit der Fütterung, einen erheblichen Einfluss auf den pH-Wert sowie auf den Gehalt an mikrobiellen Fermentationsprodukten im Pansensaft (STEGE et al. 1970; BERGMANN 1990).

In der vorliegenden Studie mussten die Proben am frühen Morgen genommen werden, da die Tötung der Tiere vor der Öffnung des Tiergartens zu erfolgen hatte. Bei den Dybowskihirschen und Mähnspringer entsprach dies dem Zeitpunkt ca. 22 Stunden nach der letzten und somit kurz vor der nächsten Fütterung. Anders verhielt es sich bei den Hirschziegenantilopen und Mendesantilopen, die erst am Nachmittag gefüttert wurden und somit die vorhergehende Fütterung ca. 16 Stunden zurücklag. Obwohl alle Tiere freien Zugang zu Heu hatten und Äsungsflächen im Gehege zur Verfügung standen kann davon ausgegangen werden, dass sie in der Nacht und somit in der Ruhephase, hiervon kaum gefressen haben.

6.2.1.1 pH-Wert

Der niedrigste pH-Wert im Pansensaft wurde mit durchschnittlich 6,3 bei den Hirschziegenantilopen und Mendesantilopen gemessen. Bei den Mähnspringern ergab sich mit 6,5 im Mittel ein etwas höherer pH-Wert im Pansensaft. Gegenüber den Hirschziegenantilopen signifikant höher war der pH-Wert im Pansensaft der Dybowskihirsche, welche dem Intermediärtyp zugeordnet werden. Alle Werte liegen jedoch noch innerhalb des für Rinder angegebenen Normalbereiches von 5,5 – 7,0 (MARTENS 2010). In einer Studie von ZENKER et al. (2004) wurde von 25 Wildwiederkäuern der pH-Wert im Pansensaft bestimmt. Ein Wert unter 6,4 wird dort bereits als deutliche Unterschreitung des physiologischen Wertes beurteilt und bereits als Hinweis für eine Pansenazidose angesehen. Desweiteren muss der Zeitpunkt der Probenentnahme in die Befundinterpretation mit einbezogen werden. Nach der Futteraufnahme fällt der pH-Wert im Pansensaft sofort ab und erreicht nach drei bis fünf Stunden seinen tiefsten Punkt, bevor er langsam wieder ansteigt

(STEGER et al. 1970; VAN SOEST 1982). Bei den untersuchten Tieren sind die Messungen, wie oben bereits beschrieben, 16 bzw. 22 Stunden nach der Fütterung erfolgt. Es kann davon ausgegangen werden, dass der pH-Wert im Pansensaft im Anschluss an die Fütterung durchaus niedriger und somit deutlich im Bereich der Pansenazidose lag. KRAUSE und OETZEL (2006) berichten von pH-Wert Schwankungen im Pansen zwischen 0,5 und 1,0 pH-Einheiten innerhalb von 24 Stunden. Der signifikante Unterschied zwischen den Mendesantilopen und den Dybowskihirschen lässt sich ebenfalls anhand der zeitlichen Verlaufskurve des pH-Wertes in Abhängigkeit der Fütterung erklären. Bei den Tierarten (Dybowskihirsche und Mähnspringer), bei denen zum Zeitpunkt der Messung die letzte Fütterung am längsten (22 Std.) zurück lag, ergaben sich höhere Werte als bei den Tierarten (Hirschziegenantilopen und Mendesantilopen), bei denen die letzte Fütterung nicht so lange (16 Std.) zurücklag.

6.2.1.2 Kurzkettige Fettsäuren

Die kurzkettigen Fettsäuren Acetat, Propionat und Butyrat sind entscheidende Endprodukte der mikrobiellen Fermentation im Pansen (FRANCE und SIDDONS 1993). Die Gesamtmenge der kurzkettigen Fettsäuren spiegelt die Balance zwischen Produktion und Absorption zum aktuellen Zeitpunkt wieder (LENG und BRETT 1966). Die ermittelten Gesamtmengen der kurzkettigen Fettsäuren liegen bei den Hirschziegenantilopen, Mähnspringern und Mendesantilopen im unteren Bereich des von BERGMANN (1990) zusammen gefassten Normalwertes von 60 bis 150 mmol/l. Bei den Dybowskihirschen ergaben sich mit 50 mmol/l signifikant niedrigere Werte. BERGMANN (1990) kritisiert jedoch diesen Wert mit anderen Studien zu vergleichen, da die Gesamtmenge der kurzkettigen Fettsäuren sehr variabel ist und nicht nur von der zuvor aufgenommen Nahrung sondern insbesondere auch vom Zeitpunkt der Messung abhängig ist. Im Anschluss an die Futteraufnahme steigt der Gehalt an kurzkettigen Fettsäuren an, erreicht nach drei bis fünf Stunden ein Maximum und fällt anschliessend wieder ab (STEGER et al. 1970; VAN SOEST 1982). Wie bereits beim pH-Wert beschrieben, lag die Fütterung der Dybowskihirsche und Mähnspringer bereits ca. 22 Stunden zurück, wonach in der Studie von BATH und ROOK (1963) mit den tiefsten Konzentrationen an kurzkettigen Fettsäuren und dem höchsten pH-Wert im Pansen zu rechnen ist. Bei den Hirschziegenantilopen und

Mendesanstilopen, bei denen die Fütterung nicht so lange zurücklag, ergaben sich im Mittel höhere Konzentrationen.

Die negative Beziehung zwischen der Gesamt – kkFS – Konzentration und den korrespondierenden pH-Werten der hier untersuchten Wildwiederkäuerarten sind vergleichbar mit Regressionen und Korrelationen aus pansenphysiologischen Studien an Hauswiederkäuern (STEGEER et al. 1970; MÜNCHOW und EDVI 1975; JENSEN und WOLSTRUP 1977).

Der Zusammenhang der drei unterschiedlichen Ernährungsgruppen (GR, IM, KS) mit der Konzentration an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft wurde von CLEMENS und MALOIY (1983) erfasst. Sie untersuchten den Pansensaft von 16 verschiedenen afrikanischen Wildwiederkäuerarten und zeigten, dass der Ernährungstyp, in Form von höheren Konzentrationen der kurzkettigen Fettsäuren bei KS und IM gegenüber GR, im Zusammenhang mit der Fermentationsrate im Pansen steht. Eine weitaus höhere signifikante Abhängigkeit der Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren ergab sich jedoch zum Körpergewicht. Mit steigendem Körpergewicht sinkt die Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren. Während der erste Zusammenhang nicht bestätigt werden konnte, da die Dybowskihirsche (IM) deutlich geringere Konzentrationen als die Gras- und Raufutterfresser aufwiesen, konnte die zweite Erkenntnis bestätigt werden. Tiere mit geringerem Körpergewicht zeigten in dieser Studie höhere Werte an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft als die Tiere mit höherem Körpergewicht.

Die molaren Anteile der kurzkettigen Fettsäuren sind für die Beurteilung des Fermentationsmusters im Pansensaft, neben der absoluten Menge der kurzkettigen Fettsäuren, weitaus konstantere und zuverlässigere Werte (FRANCE und SIDDONS 1993). Diese werden hauptsächlich durch die aufgenommene Nahrung bestimmt und unterliegen weniger Schwankungen in Bezug auf den Zeitpunkt der Futteraufnahme. Die Menge, der mit dem Futter aufgenommene Kohlenhydrate, und die physikalische Struktur des Futters sind wichtige Einflussfaktoren auf die molare Zusammensetzung der kurzkettigen Fettsäuren, wobei der Acetatanteil stets überwiegen sollte (BREVES und LEONARD-MAREK 2010). Dies gilt auch für Wildwiederkäuer, unabhängig von ihrem Ernährungstyp (VAN HOVEN und BOOMKER 1985). Verglichen mit Ergebnissen aus verschiedenen Studien zur Pansenphysiologie an Hauswiederkäuern (KAUFMANN und ROHR 1966; MÜNCHOW und EDVI 1975) liegen bei allen vier untersuchten

Tierarten die mittleren molaren Anteile der kurzkettigen Fettsäuren Acetat, Propionat und Butyrat in einem physiologischen Verhältnis, welches bei raufutterreichen Rationen erwartet wird. Dieses liegt bei 60–70 % Acetat, 15-20 % Propionat und 10-15 % Butyrat (STEVENS und HUME 1995; BREVES und LEONARD-MAREK 2010). Lediglich bei den Dybowskihirschen ist der Propionatanteil mit 23 % etwas erhöht. Die Erhöhung des Propionatanteiles zu Gunsten des Acetatanteiles erfolgte durch eine vermehrte Aufnahme leicht fermentierbarer Kohlenhydrate, in Form von Stärke (FRANCE und SIDDONS 1993; STEVENS und HUME 1995; BREVES und LEONARD-MAREK 2010). In einer Studie an 16 verschiedenen afrikanischen Wildwiederkäuerarten können CLEMENS et al. (1983) keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den molaren Anteilen kurzkettiger Fettsäuren im Pansen und den unterschiedlichen Ernährungstypen feststellen.

6.2.1.3 Laktat

Bei keinem der untersuchten Tiere wurde D- bzw. L-Laktat im Pansensaft nachgewiesen. Laktat wird jedoch ebenfalls im Fermentationsverlauf vom Fütterungszeitpunkt beeinflusst. Es ist im Pansensaft lediglich zwischen 30 min und zwei Stunden nach der Fütterung nachweisbar und wird anschliessend rasch absorbiert sowie teilweise zu Propionat umgebaut (STEGEER et al. 1970; VAN SOEST 1982).

6.2.1.4 Ammoniak

Die Ammoniakkonzentration im Pansensaft wird durch die Freisetzung an stickstoffhaltigen Vorstufen, die Resorption und die Wiederverwendung für die mikrobielle Synthese von stickstoffhaltigen Verbindungen bestimmt (MARTENS 2010). Da die Vorgänge des Ab- und Aufbaues erheblich variieren können, ergeben sich Schwankungen in der Ammoniakkonzentration von 3-10 mmol/l (MARTENS 2010). Die Ammoniakkonzentration im Pansensaft wird zum einen von der Energie, in Form von leicht verdaulichen Kohlenhydraten, vom pH Wert im Pansen sowie von dem Rohproteingehalt im Futter bestimmt. Die niedrigste Ammoniakkonzentration im Pansensaft wurde bei den Mendesantilopen gemessen und lag mit 4 mmol/l knapp unter dem von STANGL (2008) angegebenen Optimalwert von 5-15 mmol/l. HRISTOV und JOUANY (2005) kommen nach Zusammenfassung zahlreicher Studien zum Proteinstoffwechsel an Hauswiederkäuern zu dem Ergebnis, dass ein sinkender

Ammoniakgehalt im Pansen durch hohe Gehalte leicht verdaulicher Kohlenhydrate und einem gleichzeitig niedrigem pH-Wert im Pansen entsteht. Durch den hohen Energiegehalt leicht verdaulicher Kohlenhydrate wird die mikrobielle Proteinsynthese gesteigert und somit der Ammoniak im Pansen rasch verbraucht. In der vorliegenden Studie lag die Ammoniakkonzentration der Mähnspringer mit 8 mmol/l im unteren Bereich des Normalwertes und lässt somit ebenfalls auf eine hohe mikrobielle Syntheseleistung, gefördert durch energiereiche, leicht verdauliche Kohlenhydrate im Pansen, schliessen. Demnach wäre bei den Hirschziegenantilopen ebenfalls ein niedriger Ammoniakgehalt im Pansensaft zu erwarten, da bei diesen Tieren der Gehalt an leicht verdaulichen Kohlenhydraten ebenfalls hoch war und auch der pH-Wert im Pansensaft niedrig. Der Ammoniakgehalt war bei dieser Tierart jedoch mit 13 mmol/l am höchsten. Dies könnte jedoch auf den sehr hohen Proteingehalt im Futter bei dieser Tierart zurückzuführen sein. Während der in dieser Arbeit ermittelte Proteingehalt des Futters (siehe Kapitel 6.5.3) bei den Mendesantilopen, den Mähnspringern und den Dybowskihirschen mit 12 - 13 % in der Trockensubstanz ähnlich war, lag dieser bei den Hirschziegenantilopen mit 17 % deutlich höher. KAUFMANN und ROHR (1966) kamen in ihrer Studie über pansenphysiologische Parameter an Kühen zu dem Ergebnis, dass mit zunehmendem Eiweissgehalt des Futters die Ammoniakkonzentration im Pansen steigt. Auch TATARUCH und ONDERSCHEKA (1993), die den Gehalt an Ammoniak im Pansensaft von wild lebendem Rot-, Reh- und Gamswild untersuchten, kommen zu dem Schluss, dass bei allen drei Wildarten der Ammoniakgehalt im Pansensaft im Frühjahr in Analogie zum hohen Eiweissgehalt der Äsungspflanzen am höchsten ist. Bei einem hohen, leicht abbaubaren Rohproteingehalt im Futter kommt es im Pansen zu einer hohen Freisetzung von Ammoniak und einer im Verhältnis dazu nicht ausreichenden Bereitstellung von Energie (SIMON 2008).

Der Gehalt an Ammoniak im Pansensaft der Dybowskihirsche lag mit 12 mmol/l im Mittelfeld des oben genannten Normalbereiches und lässt somit auf einen optimalen Proteinstoffwechsel schliessen.

6.2.2 Histologie und Makroskopie

Bei den Hirschziegenantilopen befinden sich neben physiologisch erscheinendem Resorptionsepithel an mehreren Stellen des *Str. corneums* übermässig keratinisierte Hornplättchen, die sich oberflächlich ablösen. Ein weiterer deutlicher Hinweis für pathologische Veränderungen ist der Mikroabszess bei H2, der sich durch nahezu alle Epithelschichten erstreckt. Nach MARHOLDT (1991) könnte das Nebeneinander von Resorptionszotten und Regressionszotten auf ein ständiges Überangebot kohlenhydratreicher Nahrung zurückzuführen sein. Die makroskopische Begutachtung der Vormagenschleimhaut ergab bei einem Tiere eine Rötung der Schleimhaut, was für entzündliche Vorgänge spricht (GRUBER 2007).

Die prominent ausgebildete *Lamina propria*, mehrlagige Epithelschichten und ein abnormes *Str. corneum* mit schollenartiger Auflagerung platter Hornzellen und das meist vollständige Fehlen von Ballonzellen, wie es bei allen untersuchten Mähnenspringern vorzufinden ist, charakterisiert nach MARHOLDT (1991) das histologische Bild einer Hyperfunktions- bzw. Regressionszotte. Diese pathologischen Veränderungen werden durch chemische und physikalische Faktoren, wie z.B. ein zu hohes Angebot leicht löslicher Kohlenhydrate und eine daraus resultierende azidotischen Stoffwechsellage ausgelöst (PIATOWSKI et al. 1990). Demnach entspricht der histologische Befund aller fünf Mähnenspringer dem Bild einer chronischen Ruminitis, das überdies nach VON SANDERSLEBEN et al. (2005) durch das Vorherrschen rundzelliger Infiltrate, insbesondere Lymphozyten in der Propria sowie innerhalb der Epithelschichten in Nestern zusammen liegenden neutrophilen Granulozyten geprägt wird. Bei drei der fünf untersuchten Tiere konnten bereits makroskopisch Hinweise in Form von Rötungen der Pansenschleimhaut für entzündliche Prozesse im Bereich der Vormagenschleimhaut erhalten werden.

Bei allen zur vorliegenden Studie hernagezogenen Dybowskihirschen ist die Propria gut ausgeprägt und das Epithel durch mehrere Lagen von Ballonzellen charakterisiert. Dies spricht für ein hohes Nährstoffangebot und eine hohe Resorptions- und Stoffwechselaktivität. Nach der Einteilung von MARHOLDT (1991) entspricht dies dem histologischen Bild einer Resorptionszotte. An manchen Stellen, insbesondere bei den Tieren D2 und D3, werden die Ballonzellen jedoch von platten

Hornzellen überlagert bzw. ersetzt, was dem histologischen Bild der Hyperfunktionszotte entspricht. Der Übergang von Resorptions- zu Hyperfunktionsepithel lässt auf eine zumindest zeitweilige azidotische Stoffwechsellaage schliessen (MARHOLDT 1991).

Das Pansenepithel der untersuchten Mendesantilopen entspricht dem histologischen Bild, das MARHOLDT (1991) als Hyperfunktionszotte bezeichnet. Die oberste Schicht des mehrschichtigen Epithels wird vorwiegend von einem abnormen *Str. corneum* gebildet. Neben überwiegenden Hornplättchen (Typ A) finden sich jedoch auch immer wieder vereinzelte Ballonzellen (Typ C). Hier scheint sich die Pansenschleimhaut ständig zwischen Absorptions- und Resorptionsleistung auf der einen Seite und Umwandlung zur Schutzzotte gegen ein übersäuertes Pansenmilieu auf der anderen Seite zu befinden. Die regelmässig auftretenden Mikroabszesse im Epithel sowie die zahlreichen lymphozytären Infiltrate in der Propria zeugen von einer chronischen Ruminitis. Ein Hinweis auf entzündliche Vorgänge innerhalb der Pansenschleimhaut ergab in dieser Arbeit unter anderem bei zwei Tieren die makroskopische Beurteilung der Pansenschleimhaut, welche deutlich gerötet war.

Ähnliche Untersuchungsergebnisse an Wildwiederkäuern aus zoologischen Gärten machte MARHOLDT (1991), der im Pansen sowohl eine geringe resorptive Schleimhautfläche als auch deutliche patho-histologische Veränderungen bei etwa der Hälfte aller untersuchten Tiere feststellte. Er führt diese Veränderungen auf eine nicht artgerechte Fütterung mit zu hohen Konzentrationen von leichtverdaulichen kurzkettigen Fettsäuren zurück. In einer pansenphysiologischen Studie von BERG und EDVI (1976) an Schafen wurde nach 80-tägiger Fütterung einer Konzentration (Rfa 12 %) folgende Veränderungen, die mit jenen der Mähnspringer und Mendesantilopen vergleichbar sind, beschrieben. Neben einer massiven diffusen als auch herdförmigen leukozytären Infiltration im *Corpus papillare* sowie im *Str. corneum* bestand letzteres aus glatten Schichten platter Hornzellen.

6.3 Blutchemische Parameter

6.3.1 L-Laktat

Die physiologische L-Laktatkonzentration im Plasma von Hauswiederkäuern wird in der Literatur mit < 1 mmol/l angegeben (HARMON et al. 1985; MOMCILOVIC et al. 2000). Die im Rahmen der vorliegenden Studie gemessenen L-Laktatwerte zwischen 7,8 und 17,0 mmol übersteigen diesen physiologischen Richtwert deutlich, zum Teil um mehr als das zehnfache. Die L-Laktatkonzentration im Plasma steht mit der im Pansensaft in engem Zusammenhang (HARMON et al. 1985; MONTANO et al. 1999). Bei den für diese Arbeit untersuchten Tieren war jedoch im Pansensaft kein L-Laktat nachweisbar. Deshalb ist davon auszugehen dass dieser hohe Plasma-Laktatwert nicht von übermässig resorbiertem L-Laktat aus dem Pansensaft stammt. Vielmehr kommt es in starken Stresssituationen zu einem plötzlichen Anstieg von L-Laktat im Blut. In einer Studie von MITCHELL et al. (1988) kommt es bei Rindern nach Handling, Transport und Schlachtung zu einem Anstieg von L-Laktat im Plasma von 0,3 mmol/l auf bis zu 7,5 mmol/l. Bei der Suche nach Normalwerten für Wildwiederkäuer stellt sich das Problem der Blutprobenentnahmetechnik bei diesen nicht zahmen Tieren. GANHAO et al. (1989) berichten von L-Laktatwerten im Blut verschiedener Wildwiederkäuerarten in Narkose im Bereich von 5,3 mmol/l – 9,3 mmol/l. Diese liegen ebenfalls deutlich über den physiologischen Werten von Hauswiederkäuern. Es wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Werte nicht mit Normalwerten gleichgesetzt werden dürfen. Um diese stressbedingten Abweichungen der Laktatkonzentration im Plasma bei wildlebenden Tieren zu vermeiden, haben HATTINGH et al. (1988) mit einer ferngesteuerten Blutentnahmetechnik an Rindern sowie Kaffernbüffeln L-Laktatwerte im Plasma ohne Stresseinwirkung messen können und somit repräsentative Normalwerte ermittelt. Die L-Laktatkonzentration bei den Kaffernbüffeln lag in Ruhe bei 1,9 mmol und stieg nach experimenteller Stresseinwirkung auf 12,1 mmol/l an.

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Hirschziegenantilopen, Mähnspringer und Mendesantilopen wurden zum Teil in der Nacht vor der Schlachtung abgetrennt von der Gruppe eingesperrt. Zur Schlachtung mussten sie gefangen und für die Betäubung mit dem Bolzenschuss fixiert werden. Demnach waren die Tiere hohem Stress ausgesetzt, was sich in einer erhöhten Plasma-Laktatkonzentration

widerspiegelt. Die Dybowskihirsche, welche direkt im Gehege erschossen wurden, waren vor der Tötung im Gegensatz zu den anderen Tieren wenig oder keinem Stress ausgesetzt. Die Wirkung des Geschosses und die unsaubere Blutentnahme aus den durch einen Kehlschnitt eröffneten Halsgefäßen erklären jedoch die erhöhten L-Laktatwerte im Blut bei dieser Tierart.

6.3.2 Nicht esterifiziert Fettsäuren (NEFA)

Die nicht esterifizierten Fettsäuren (NEFA) sind eine hochlabile Form von Fetten, die an Albumin gebunden, über den Blutkreislauf zum Gewebe transportiert werden. Obwohl sie nur einen kleinen Teil (5%) der Gesamtfette im Plasma einnehmen, stellen sie eine überaus wichtige Quelle an oxidierbarer Energie dar. Insbesondere im Zustand negativer Energiebilanz oder bei akutem Energiebedarf, z. B. während Anstrengung oder Stress, treten sie vermehrt im Plasma auf und sind somit ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der Energieversorgung (PETHICK et al. 2005).

Der Normalwert der NEFA-Konzentration im Blut bei Rindern liegt $< 0,2$ mmol/l. Physiologisch erhöhte Werte ($0,2 - 1,2$ mmol/l) ergeben sich auf Grund negativer Energiebilanzen unmittelbar vor der Abkalbung (ULBRICH et al. 2004).

In der vorliegenden Arbeit lag die NEFA-Konzentration bei den Mendesantilopen und Hirschziegenantilopen mit durchschnittlich $0,1$ bzw. $0,2$ mmol/l im Normalbereich, wohingegen die der Mähnspringer und Dybowskihirsche leicht erhöht war ($0,4$ bzw. $0,3$ mmol/l). Diese leichte Erhöhung lässt sich zum einen mit dem Zeitpunkt der Probenentnahme erklären. Die NEFA - Konzentration im Blut ist nach der Fütterung am niedrigsten. Je länger die Tiere kein Futter aufnehmen, desto mehr geraten sie in eine negative Energiebilanz und Fettreserven werden mobilisiert (OETZEL 2004). Die leicht erhöhte NEFA - Konzentration wurden bei den Tierarten gemessen, die am Morgen gefüttert wurden, wohingegen die Mendesantilopen und Hirschziegenantilopen am Nachmittag gefüttert wurden und somit die letzte Futteraufnahme vor der Tötung nicht so lange zurücklag. Eine weitere Möglichkeit, die insbesondere auf die Mähnspringer zutreffen könnte, ist die stressinduzierte Fettmobilisierung. Alle getöteten Mähnspringer waren mindestens 18 Stunden vor der Tötung von der Gruppe separiert in einem Stall eingesperrt und somit grossem Stress ausgesetzt. Ein erhöhtes Mass an Stress führt zu einem Anstieg der Catecholaminkonzentration im Blut, was eine Lipolyse und die Zirkulation erhöhter Mengen an NEFAs zur Folge hat (KANNAN et al. 2007). Bei den Dybowskihirschen ist

die NEFA - Konzentration im Blut, ebenso wie oben genannte Laktatkonzentration im Blut, vorsichtig zu interpretieren. Die Blutgewinnung bei den erschossenen Dybowskihirschen konnte erst bis zu 10 min nach der Tötung erfolgen. Artificielle Veränderungen sind demnach nicht auszuschliessen.

Demnach lässt sich zusammenfassend beurteilen, dass für keine der untersuchten Tierarten Hinweise für eine ausgeprägte Energiemangelsituation vorlagen.

6.4 Klauen

Die Degeneration und der Zerfall der hochaktiven, hornproduzierenden Epithelzellen, die bei einem Mähnspringer (S4) bei den mikroskopischen Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit im Bereich des Kappen- und Terminalhornes deutlich zu erkennen waren, entsprechen dem Bild einer beginnenden Klauenrehe (HARGIS und GINN 2009). Die zahlreichen Blutansammlungen im Bereich des zerfallenen Hornes sind Folge von Schädigungen des Gefäßendothels (NUSS und STEINER 2004). Die Pathogenese der Klauenrehe ist sehr komplex und wird zum Teil kontrovers diskutiert. Vasoaktive Substanzen, egal ob als primärer und sekundärer Auslöser, führen zu Störungen der Mikrozirkulation im Bereich des Überganges von Lederhaut in Epidermis. Die daraus folgende Ischämie führt zur Degeneration der Epidermiszellen und zur Schädigung des Gefäßendothels (NUSS und STEINER 2004). Als Ursache für die Freisetzung toxischer und vasoaktiver Substanzen wird ein multifaktorielles Geschehen angenommen, wobei Störungen der Vormagendigestion in Verbindung mit der Fütterung eine entscheidende Rolle spielen (DIRKSEN 2006B). Bei Hauswiederkäuern, insbesondere in Milchviehbeständen wird mittlerweile auch der genetischen Komponente eine wichtige Rolle zugesprochen (LISCHER und OSSENT 1994). In wie weit dieser genetische Aspekt auch auf Wildwiederkäuer in zoologischen Gärten übertragen werden kann, ist fraglich. Dennoch erscheint es sinnvoll, Tiere mit deutlichen Klauendeformationen nicht als Zuchttiere einzusetzen.

Ein weiterer der fünf untersuchten Mähnspringer (S3), hatte makroskopisch überlange, deformierte Klauen. Mikroskopisch konnten jedoch keine Veränderungen festgestellt werden. Betrachtet man das Klauenwachstum als Gleichgewicht aus Aufbau und Abrieb des Hornes, entstehen überlange Klauen durch ein Entgleisen dieses Gleichgewichtes in Folge unzureichendem Abriebs. Tiere in Gefangenschaft haben eingeschränkte Bewegungsmöglichkeiten, da das atypische Verhalten, wie Futtersuche, Flucht vor Feinden und Kämpfe mit Artgenossen in der Regel nicht mehr gegeben ist. Auch bei Tiere die aus einem sehr felsigen Lebensraum kommen, wie es in diesem Fall bei den Mähnspringern der Fall ist, kommt es durch zu weiches Bodensubstrat im Gehege zu einem fehlenden Abrieb des Klauenhornes und zu überlangen Klauen.

6.5 Beurteilung der Fütterung

6.5.1 Kritik der Methodik

Die genaue Bestimmung der Futterrationen der einzelnen Wiederkäuerarten war sehr schwierig. Der gewählte Zeitraum für die Futterwägung von 5 Tagen, wie es in anderen Studien beschrieben wird (MELISSEN und ROOYMANS 1992; DINGLREITER 2000), ist im Normalfall für eine Futterwägung ausreichend. Trotz vorgegebenen Futterplänen bestand jedoch in diesem Fall eine sehr grosse Variabilität, sowohl in der Rationszusammensetzung, als auch in der Menge, je nach Tierpfleger. Somit konnten Schwankungen in der Zusammensetzung der Rationen nicht erfasst werden. Insbesondere bei der Menge der Kraftfuttergabe ergaben sich bei Stichprobenwägungen erhebliche Unterschiede.

Zu Ungenauigkeiten kam es zwangsläufig auch bei der Bestimmung der Futteraufnahme. Futter, das in Heuraufen angeboten wurde, konnte nicht genau zurückgewogen werden, da ein Teil auf den Boden gefallen und mit Kot und Urin kontaminiert war. Bei den Dybowskihirschen war ein genaues Rückwiegen des Heus am Besten möglich, da unter der Futterraufe ein Auffangtrog vorhanden war. Bei den Hirschziegenantilopen mussten bezüglich der Futteraufnahme der Futtermittel, die im Gehege angeboten wurden (Gras und Rüben), Schätzwerte herangezogen werden, da sie sich zeitweise das Gehege mit den Nilgauantilopen teilten. Zusätzlich stand allen Tieren im Gehege natürliche Äsung zur Verfügung. Hierbei ist insbesondere der hohe Eichenbesatz in nahezu allen Gehegen als problematisch einzustufen. Im Sommer und Herbst nahmen die Tiere grosse Mengen an Eicheln auf, welche in der Futterration jedoch nicht berücksichtigt wurden.

Bis auf die Mendesantilopen wurden alle untersuchten Tiere innerhalb der Gruppe gefüttert. Die Bewertung der Futteraufnahme eines Einzeltieres innerhalb der Gruppe von gemeinsam gefütterten Tieren war somit nicht möglich. Bei der Berechnung der Nährstoffaufnahmen in Abhängigkeit des Körpergewichtes bzw. der metabolischen Körpermasse musste davon ausgegangen werden, dass alle Tiere gleich viel Futter aufgenommen haben. Dabei musste die Tatsache, dass die Futteraufnahme der in der Gruppe gefütterten Tiere stark von den Rangordnungsverhältnissen innerhalb der Gruppe abhängig ist (CASSINELLO 2002), vernachlässigt werden. Die Futterwägung der Mendesantilopen wurde bei einem weiblichen Tier mit Jungtier

durchgeführt. Eine Futterwägung bei den einzelnen Untersuchungstieren war nicht möglich, da die Entscheidung zur Tötung eines Tieres oftmals sehr kurzfristig getroffen wurde. Die Werte zur Rationsbeurteilung sind somit nur als Mittel für alle fünf Tiere angegeben, und individuelle Unterschiede in der Futteraufnahme mussten unberücksichtigt bleiben.

6.5.2 Wiederkäuergerechtigkeit

Zur Beurteilung der Wiederkäuergerechtigkeit einer Ration werden die Parameter Rohfasergehalt (Rfa), der Gehalt an Neutral-Detergent Fibre (NDF) und der Gehalt an N-freien Extraktstoffen (NfE) sowie der Anteil an Strukturelementen beurteilt.

Der Rohfasergehalt in der TS liegt bei den Hirschziegenantilopen sowohl im Sommer als auch im Winter mit 15,1 % bzw. 14,1 % der TS deutlich unter der für Wiederkäuer angegebenen Mindestgrösse von 18 % der TS (KAMPHUES et al. 2009). Weiterhin entfallen nur etwa 14-16 % der TS auf langfaseriges, grob strukturiertes Futter. Der Richtwert für Milchkühe von 40-45 % Halmfutter in der Ration, bezogen auf die Gesamt-TS, wird somit weit unterschritten (KAMPHUES et al. 2009). In einer Studie an wildlebenden Hirschziegenantilopen in Indien lag der Rohfasergehalt der natürlichen Äsung, je nach Jahreszeit mit 26,3 – 28,3 % der TS deutlich höher (JHALA 1997). Der NfE – Gehalt der Ration ist mit 55,4 % der TS im Sommer und 57,9 % der TS im Winter sehr hoch. Aufgrund der hohen Mengen an Krafffuttergaben sowie Obst und Gemüse, kann davon ausgegangen werden, dass sich die NfE-Fraktion zum grössten Teil aus Zucker und Stärke zusammensetzt, was durch einen sehr niedrigen NDF-Gehalt der Ration mit etwa 40 % der TS bestätigt wird.

Die Ration der Mähnenspringer enthält sowohl im Sommer als auch im Winter etwa 25 % Rohfaser in der TS. Der Anteil des Raufutters an der Gesamtration beträgt 79 – 85 % der TS. Somit ist die Ration als durchaus wiederkäuergerecht einzustufen. Wie bereits in Kapitel 4.5.1 erwähnt, traten bei den Mähnenspringern jedoch grosse Schwankungen in Bezug auf die Futterwägung auf. Einzelne, unangekündigte Stichproben, ergaben zum Teil Rationszusammensetzungen mit einem Rfa-Gehalt von 17 % und einem NfE-Gehalt von über 54 %. Diese Werte liegen wie oben beschrieben unter den für Hauswiederkäuern empfohlenen Richtwerten.

Der Rohfasergehalt der Sommerration der Dybowskihirsche liegt mit 18 % gerade an der Mindestgrenze von 18 % der TS für die Wiederkäuergerechtigkeit einer Ration (KAMPHUES et al. 2009). Der Anteil an strukturwirksamem Raufutter liegt jedoch mit 32 % der TS unterhalb des empfohlenen Wertes von 40-45 % der TS (KAMPHUES et al. 2009). Durch die extensive Rübenfütterung im Winter fällt der Rohfasergehalt dann sogar bis auf 14,9 % der TS, der Anteil an Raufutter beträgt dann nur noch 18 % der TS. Somit ist die Ration als nicht wiederkäuergerecht einzustufen. Auf Grund eines hohen NfE-Gehaltes von 58,1 % im Sommer bis hin zu 64,5 % der TS im Winter, der zu diesem Zeitpunkt durch die Fütterung von gedämpften Kartoffeln zustande kommt, sowie dementsprechend niedrigen NDF-Gehalten (45 % bzw. 37,8 % der TS), ist davon auszugehen dass sich ein Grossteil der NfE- Fraktion aus Zucker und Stärke zusammen setzt.

Ähnliche Probleme wie bei den Mähnspringern treten bei der Beurteilung der Ration der Mendesantilopen auf. Die im Untersuchungszeitraum ermittelten Rationsberechnungen lassen auf eine durchaus wiederkäuergerechte Ration schliessen (Rfa 24,3 % bzw. 25 % in der TS und 76 % Raufutteranteil an der Gesamtration). Nach unangekündigten Futterwägungen im Anschluss an die Versuchszeit ergaben sich jedoch Rationen mit einem so hohen Kraftfutteranteil, dass der Rfa-Gehalt nunmehr 17 % der TS, der NDF-Gehalt 44 % und der NfE Gehalt 54 % der TS betrug.

Durch den hohen Eichenbesatz in bzw. am Rand der Gehege befinden sich im Herbst zusätzlich grosse Mengen Eicheln auf den Gehegeböden, die von den Tieren gefressen werden. Die Hauptbestandteile von Eicheln sind Kohlenhydrate, Protein und Fett und der NfE-Gehalt beläuft sich auf 80 – 90 % der TS (SHIMADA 2001). Zu dieser Jahreszeit ist der Konzentratanteil in der Ration demnach zusätzlich erhöht.

Berücksichtigt man die Stichprobenwägungen bei den Mähnspringern und Mendesantilopen, kann man zusammenfassen, dass alle gefütterten Rationen dieser vier Wiederkäuerarten nicht wiederkäuergerecht sind. Die Anteile an Rohfaser an Halmfutter an den Gesamtrationen sind zu niedrig und der Anteil an Konzentratfutter überwiegt in allen vier Rationen.

6.5.3 Proteingehalt der Rationen und Proteinaufnahme

Der tägliche Bedarf an Rohprotein für Haus- und Wildwiederkäuer wird in der Regel als prozentualer Anteil der Futter-TS oder als tägliche Zufuhr von Rohprotein in Bezug auf die metabolische Körpermasse ($KM^{0,75}$) angegeben.

Der höchste Rohproteingehalt in der Ration wurde bei den Hirschziegenantilopen ermittelt. Mit 17,7 bzw. 16,8 % in der TS im Sommer bzw. Winter liegt dieser deutlich über dem Rohproteingehalt von maximal 10,2 % in der TS der natürlichen Äsung wildlebender Hirschziegenantilopen in nährstoffreichen Zeiten (JHALA 1997). Demzufolge war auch die Rohproteinaufnahme mit 16,4 bzw. 18,8 g/kg KGW^{0,75} bei dieser Tierart sehr hoch.

Die Futterration der Mähnspringer enthält 12,9 bzw. 12,4 % Rohprotein in der TS. Dies liegt oberhalb des für Milchkühe (bei einer Milchleistung von 10 kg) empfohlenen Wertes von 10 % Rp in der TS (FAG 1994). Berücksichtigt man zusätzlich die hohe Variabilität der Futterwägung kommt man nach stichprobenartigen Untersuchungen sogar auf Rp-Gehalte von bis zu 16 % in der TS. Auch die durchschnittliche Rohproteinaufnahme der Mähnspringer lag mit 9 bzw. 10 g/kg KGW^{0,75} im Sommer bzw. Winter deutlich über dem für Ziegen angegebenen Erhaltungsbedarf von 4,15 g/kg KGW^{0,75} (NRC 1981).

Bei den Dybowskihirschen lag die Rohproteinaufnahme mit 5,5 bzw. 5,7 g/kg KGW^{0,75} im Sommer bzw. Winter knapp oberhalb des für Rothirsche angegebenen Rohproteinbedarfes von 2,9 – 5,0 g/kg KGW^{0,75} (KAMPHUES et al. 2009). Dabei liegt der Anteil an Rohprotein in der TS bei 13 % im Sommer und 11 % der TS im Winter.

Für Mendesantilopen finden sich in der Literatur keine Angaben über den Rp-Erhaltungsbedarf. Der Rp-Gehalt sowohl der Sommer- als auch der Winterration wurden in der vorliegenden Arbeit ermittelt und lagen bei 12 % bzw. bei den stichprobenartigen Untersuchungen bei 16 % der TS und somit ähnlich wie bei den Mähnspringern. Die tägliche Aufnahme an Rohprotein von durchschnittlich 7 g/kg KGW liegen über den für Milchkühe angegebenen Erhaltungsbedarf von 5,86 g/kg KGW^{0,75} (FAG 1994).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei allen vier Tierarten der Proteinbedarf ausreichend gedeckt ist. Vergleicht man insbesondere die Werte der

Tierarten aus der Gruppe der Gras- und Raufutterfresser mit den Bedarfswerten für Hauswiederkäuer, werden diese zum Teil weit überschritten. Berücksichtigt man, dass die untersuchten Tierarten zum Teil aus kargen Gebieten kommen und als Zootiere keine besondere Leistung erbringen müssen, kann man in diesen Fällen bereits von einer Überversorgung mit Protein sprechen. Entscheidend hierbei ist jedoch, dass der hohe Rohproteingehalt in den Rationen dieser Studie durch einen hohen Anteil an Konzentratfutter in den Rationen zustande kommt, welches wiederum reich an leicht verdaulichen Kohlenhydraten ist.

6.5.4 TS-Aufnahme

Die deutlich höchste mittlere TS- Aufnahme aller vier untersuchten Wiederkäuerarten wurde in der vorliegenden Arbeit bei den Hirschziegenantilopen ermittelt. Mit 93 g/kg $KM^{0,75}$ im Sommer und 112 g/kg $KM^{0,75}$ im Winter liegt diese jedoch im unteren Bereich der bei Hirschziegenantilopen aus freier Wildbahn in nährstoffreichen Zeiten ermittelten Werten von etwa 110 – 130 g/kg $KM^{0,75}$ (JHALA 1997).

Die durchschnittliche TS-Aufnahme lag bei den Mähnenspringern mit 2,6 % des KGW im Sommer und 2,8 % des KGW im Winter innerhalb des für Ziegen angegeben Normalbereiches zwischen 1,8 und 3 % der KM (ULBRICH et al. 2004). Ähnliche Werte (2,4 - 2,6 % des KGW) ergaben sich bei Mähnenspringern, deren Erhaltungsbedarf mit einer reinen Heufütterung gedeckt wurde (ATTI et al. 2002). Etwas niedrigere Werte (1,5 bis 2,3 % des KGW) wurden bei den Ziegenartigen in einer Feldstudie über die Fütterung ausgewählter Wiederkäuerarten des Tierparks Hellabrunn ermittelt (DINGLREITER 2000).

Die mittlere TS-Aufnahme der Dybowskihirsche ist mit 41 g/kg $KM^{0,75}$ im Sommer und 50 g/kg $KM^{0,75}$ im Winter vergleichbar mit Werten von Dybowskihirschen aus Zootierhaltung (45 – 50 g/kg $KM^{0,75}$, KOZAKI et al. 1991).

Bei den Mendesantilopen ergab sich eine durchschnittliche TS-Aufnahme von 53 g/kg $KM^{0,75}$ im Sommer und 60 g/kg $KM^{0,75}$ im Winter. Von ähnlichen Werten (49 – 69 g/kg $KM^{0,75}$) bei Mendesantilopen, die jedoch ausschliesslich mit Heu gefüttert wurden, berichtet die Studie von HUMMEL et al. (2008).

Trotz Krafftuttergabe, die gegenüber reiner Raufuttergabe eine erhöhte Ts-Aufnahme zur Folge hat, lag in den eigenen Untersuchungen die TS-Aufnahme in einem ähnlichen oder niedrigeren Bereich, wie dies für die jeweilige Tierart bei natürlicher Nahrungsaufnahme oder Fütterung mit Raufutter in der Literatur (JHALA 1997) angegeben wird.

6.5.5 Beurteilung der Fütterungstechnik

Alle vier untersuchten Wiederkäuerarten werden im Tiergarten Nürnberg einmal pro Tag gefüttert. Die Mähnspringer und Dybowskihirsche am Vormittag und die Hirschziegenantilopen und Mendesantilopen am Nachmittag. Hierbei wird das übrig gebliebene Raufutter vom Vortag entfernt und frisches Raufutter in den Heuraufen bzw. am Boden verteilt. Gleichzeitig erfolgt die Krafftuttergabe in den Futtertrögen. Die Tiere fressen in der Regel zuerst das Krafftutter und später, nach einer längeren Pause, das Heu bzw. Gras. Bei allen Wiederkäuern ist jedoch aus pansenphysiologischer Sicht die Reihenfolge Raufutter – Konzentrat – Raufutter günstiger als die Verabreichung von Konzentratfutter am Anfang (ULBRICH et al. 2004). Es wäre demnach sinnvoller, wenn die Tiere bei der Fütterung als erstes das frische Raufutter angeboten bekommen und erst nach einiger Zeit (ca. 30 - 60 min) die Krafftuttergabe erfolgt. Bei der Fütterung einer nicht Gesamtmischration besteht zusätzlich das Problem, dass die Aufnahme an Grobfutter durch steigende Konzentratmengen verringert wird. Durch die vorausgehende Konzentratfutteraufnahme sinkt der pH-Wert im Pansen und der Abbau des rohfaserreichen Raufutters verschlechtert sich. Die somit verlangsamte Passagerate führt zur so genannten Grundfuttermitteldrängung (SCHWARZ 2008).

Die Fütterungsfrequenz ist besonders bei der Gabe von Konzentratfuttermittel an Wiederkäuer für die Pansenfermentation entscheidend. Wie bereits in Kapitel 4.2.1 beschrieben, fällt bei einmaliger Konzentratgabe im Pansen eine hohe Säuremenge an. Bei einer Verteilung der Konzentratfuttergabe auf mehrere Mahlzeiten ist die Säureproduktion pro Zeiteinheit gleichmässig über den Tag verteilt (ULBRICH et al. 2004). Sicherlich ist es in einem Tiergarten aus logistischer Sicht schwierig die Krafftuttergaben bei den Wiederkäuern auf viele kleine Mahlzeiten zu verteilen. Dennoch könnte man versuchen, das Krafftutter in mindestens zwei täglichen Portionen anzubieten.

6.6 Subklinische Pansenazidose

Nach Betrachtung der Gesamtheit aller Ergebnisse lag bei den Hirschziegenantilopen, Mähnspringern und Mendesantilopen eine subklinische Pansenazidose vor.

Die subklinische bzw. subakute Pansenazidose wird definiert als zeitweilige, moderate Absenkung des pH-Wertes im Pansen in einen Bereich von 5,0 – 5,5. Im Gegensatz zur akuten Pansenazidose, die eine klinisch sehr manifeste Erkrankung ist, bleibt die subklinische Pansenazidose häufig unerkannt (NOCEK 1997; KRAUSE und OETZEL 2006).

Mehrer Autoren kommen jedoch mittlerweile zu dem Schluss dass der pH-Wert allein eine unzureichende Definitionsgrundlage für die subklinische Pansenazidose ist (BHANDARI et al. 2007; DRAGOMIR et al. 2008; DESNOYERS et al. 2009). Wie bereits in Kapitel 6.2.1 beschrieben muss man bei der Interpretation des pH-Wertes im Pansensaft berücksichtigen, dass in der vorliegenden Arbeit der Zeitpunkt der pH-Wert Messung nicht mit dem Zeitpunkt des niedrigsten pH-Wertes im Pansensaft übereinstimmt. Berücksichtigt man die täglichen Schwankungen des pH-Wertes im Pansensaft (KRAUSE und OETZEL 2006) kann man davon ausgehen, dass die pH-Werte im Pansensaft der untersuchten Tiere nach der Fütterung um bis zu 1,0 pH-Einheiten niedriger und somit im Bereich des o.g. Definitionsbereiches für die subklinische Pansenazidose gelegen hätten. DESNOYERS et al. 2009 beschreiben in einer Studie über ein Modell der subklinischen Pansenazidose bei Milchziegen den pH-Wert Verlauf im Pansen bei Tieren mit subklinischen Pansenazidose. Dieser war, nach einem kurzen Abfall, über einen Zeitraum von mehreren Tagen sogar grösser als 6,4.

Über die Veränderungen der kurzkettigen Fettsäuren während einer subklinischen Pansenazidose wird in der Literatur kontrovers diskutiert. DIRKSEN (2006A) berichtet auf Grund der Abhängigkeit zwischen pH-Wert und kurzkettigen Fettsäuren (siehe Kapitel 6.2.1) von Konzentrationen der kurzkettigen Fettsäuren im Bereich von 180 mmol/l. Bei den in dieser Arbeit untersuchten Tierarten wird dieser Zusammenhang bestätigt, da z. B. die Dybowskihirsche neben dem höchsten pH-Wert die niedrigste Konzentration an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft aufwiesen. Demgegenüber berichtet BROSSARD (2003) von einer Studie an Schafen, dass bei den Tieren mit

einer subklinischen Pansenazidose die Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren niedriger war als in der Kontrollgruppe. Er erklärt dies mit der azidotisch veränderten Pansenschleimhaut und einem daraus resultierenden Rückgang der Fermentationsaktivität. Auf Grund der grossen Bedeutung des Zeitpunktes und der Häufigkeit der Probenentnahme, wie sie in Kapitel 6.2.1 ausführlich erörtert wird, ist die Konzentration an kurzkettigen Fettsäuren im Pansensaft in der durchgeführten Studie nicht sehr aussagekräftig.

Die L-Laktatkonzentration im Pansen ist im Rahmen der subklinischen Pansenazidose nicht erhöht, da es im Gegensatz zur akuten Pansenazidose nicht zur Laktatanhäufung im Pansen kommt (NOCEK 1997). Da L-Laktat aus dem Pansen resorbiert wird, stehen die Konzentrationen im Pansen und im Blut in direktem Zusammenhang (HARMON et al. 1985). Somit werden bei der subakuten Pansenazidose auch keine Erhöhungen der L-Laktatwerte im Blut erwartet. Dies bestätigt die Studie von BROWN et al. (2000), in der bei Stieren mit subakuter Pansenazidose die gleichen L-Laktatkonzentrationen im Blut gemessen wurden wie bei der Kontrollgruppe (0,6 mmol/l). Ähnliche Ergebnisse erzielt HARMON et al. (1985) an Stieren, bei denen eine subakute Pansenazidose induziert wurde, die L-Laktatkonzentrationen im venösen Blut mit 1mmol/l jedoch im Normalbereich liegen. Die in der vorliegenden Studie bei allen vier Tierarten erhebliche Diskrepanz zwischen den L-Laktatwerten im Pansen (nicht nachweisbar) und den L-Laktatwerten im Blut (stark erhöht) lässt sich durch die in Kapitel 6.3.1 beschriebene stressinduzierte L-Laktaterhöhung im Blut erklären.

Negative Energiebilanzen und somit erhöhte NEFA-Werte im Blut sind bei der subklinischen Pansenazidose nicht von grosser Bedeutung. Bei der akuten Pansenazidose ist die Pansenfunktion jedoch so stark eingeschränkt, dass es zu Energiemangel und einem Anstieg der NEFA-Konzentration im Blut kommt (BROWN et al. 2000). DESNOYERS et al. (2009) zeigte in einem Modell zur subklinischen Pansenazidose an Milchziegen, dass während bestimmten Phasen der subklinischen Pansenazidose ein Anstieg der NEFA-Konzentration verzeichnet ist. Weitere Gründe für das Zustandekommen der leicht erhöhten NEFA-Werte im Blut der Mähnspringer und Dybowsihirsche wurde bereits in Kapitel 6.3.2 erläutert.

Eine der bedeutendsten Veränderungen bei der subklinischen Pansenazidose ist eine ausgeprägte Ruminitis, wie sie in dieser Arbeit bei den Hirschziegenantilopen, Mähnspringern und Mendesantilopen vorgefunden wurde. Da das Pansenepithel, im Gegensatz zum Labmagen, nicht von einer Schleimschicht geschützt wird, ist es von Säuren angreifbar. Durch zeitweise wiederkehrende, niedrige Pansen pH-Werte kommt es zu oben genannten Entzündungen der Pansenschleimhaut (KRAUSE und OETZEL 2006). Hiermit verbunden sind, wie bei den untersuchten Proben der Hirschziegenantilopen, Mähnspringern und Mendesantilopen deutlich zu erkennen war, intra- und submuköse Mikroabszesse (DIRKSEN 2006A). Im weiteren Verlauf können die Schleimhautläsionen im Pansen eine Eintrittspforte für Erreger, insbesondere *Fusobacterium necrophorum* darstellen und somit in weitere Organe, wie z. B. Leber und Lunge gelangen (DIRKSEN 2006A). Die bei einem der untersuchten Mähnspringer (S5) diagnostizierte eitrige Hepatitis könnte auf diesem Wege entstanden sein.

Mit der subklinischen Pansenazidose einhergehende Veränderungen an den Klauen werden in der Literatur häufig beschrieben (NOCEK 1997; OWENS et al. 1998; KRAUSE und OETZEL 2006). Diese Veränderungen werden unter dem Begriff Klauenrehe zusammengefasst und kommen in unterschiedlichsten Ausprägungen vor. In der Gruppe der Mähnspringer traten in den zurückliegenden Jahren, trotz regelmässiger Klauenpflege, oftmals makroskopisch deformierte Klauen, zum Teil mit Rillenbildung, auf. Dies gab unter anderem den Anlass zu dieser Studie. Bei einem der untersuchten Mähnspringer (S4) konnten deutliche Hinweise auf das Initialstadium der Klauenrehe gewonnen werden. Der exakte Mechanismus zur Entstehung der Klauenrehe aus der subklinischen Pansenazidose ist noch nicht endgültig geklärt (KRAUSE und OETZEL 2006). Bei einigen der untersuchten Mähnspringer, Hirschziegenantilopen und Mendesantilopen wurden trotz deutlich ulzerierender Pansenschleimhaut keine pathologischen Veränderungen im Bereich der Klauen beobachtet. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Veränderungen an den Klauen oftmals erst Monate nach den Azidoseschüben auftreten (KRAUSE und OETZEL 2006).

In zahlreichen Studien an Milchkühen gilt eine verminderte TS-Aufnahme als ein unspezifischer, jedoch häufig auftretender Hinweis für die subklinische

Pansenazidose (KLEEN et al. 2003). NOCEK (1997) bezeichnet die TS-Aufnahme bei der subklinischen Pansenazidose als sehr inkonstant und warnt davor, diese anhand eines Mittelwertes zu beurteilen. Auch DESNOYERS et al. (2009) beschreiben in einem Modell zur subklinischen Pansenazidose, dass die TS-Aufnahme nicht konstant niedrig ist, sondern im Anschluss an einen Säureschub mit steigendem pH-Wert im Pansen wieder zunimmt. Die TS-Aufnahme der in dieser Arbeit untersuchten Tiere lag, wie in Kapitel 6.5.4 beschrieben, in einem ähnlichen bzw. bei den Hirschziegenantilopen etwas niedrigeren Bereich als für die entsprechenden Tierarten in der Literatur gefunden wurde (JHALA 1997). Allerdings muss man bedenken, dass dieser Wert ein errechneter Mittelwert auf der Basis der sehr variablen Futterwägung in Verbindung mit Schätzwichten des gesamten Bestandes ist. Die Erfassung von individuellen TS-Aufnahmen der untersuchten Tiere war nicht möglich. Die TS-Aufnahme ist demnach in diesem Fall kein verlässlicher Parameter zur Diagnosestellung der subklinischen Pansenazidose.

Als weiteres unspezifisches, in der Literatur jedoch häufig genanntes Symptom der subklinischen Pansenazidose, wird eine schlechte körperliche Verfassung genannt (NOCEK 1997; KLEEN et al. 2003). Oftmals bezieht sich dieser Oberbegriff auf das Körpergewicht und wird dann mit der oben genannten, verminderten TS-Aufnahme in Verbindung gesetzt (NORDLUND et al. 1995; NOCEK 1997). Wie in Kapitel 6.1 beschrieben, lag das durchschnittliche Körpergewicht der untersuchten Hirschziegenantilopen, Mendesantilopen und Mähnspringern unter den in der Literatur angegebenen Werten für diese Tierarten. Insbesondere in der Gruppe der Mendesantilopen fielen, trotz regelmässiger Parasitenüberwachung und -bekämpfung, zahlreiche deutlich magere Tiere auf, was unter anderem Anlass zu dieser Studie gab.

Periodisch auftretender Durchfall, wie er trotz regelmässiger Parasitenüberwachung und -bekämpfung in der Gruppe der Mähnspringer und Mendesantilope häufig auftrat, ist ein weiteres typisches Symptom der subklinischen Pansenazidose (NORDLUND et al. 1995; DIRKSEN 2006A).

Die Schlüsselrolle bei der Entstehung der subklinischen Pansenazidose spielt die Fütterung (NORDLUND et al. 1995; KLEEN et al. 2003; DIRKSEN 2006A).

Eine Ration mit hohem Anteil an leicht verdaulichen Kohlenhydraten in Verbindung mit einem niedrigen Rohfasergehalt, wie sie bei den hier untersuchten Tierarten verfüttert wurde (siehe 6.5), ist die Hauptursache für die Entstehung der subklinische Pansenazidose (KRAUSE und OETZEL 2006). Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Entstehung dieser Erkrankung ist eine fehlerhafte Fütterungstechnik, siehe Kapitel 6.5.5. Insbesondere eine niedrige Fütterungsfrequenz, damit verbundene grosse Portionen und die falsche Sequenz (Krafftutter auf einen nüchternen Pansen) unterstützen das Entstehen der subklinischen Pansenazidose (NORDLUND et al. 1995).

Der signifikant höchste pH-Wert im Pansensaft der Dybowskihirsche und die niedrigsten Konzentrationen an kurzkettigen Fettsäuren sprechen für ein physiologisches Pansenmilieu bei dieser Tierart. Weiterhin ergaben die makroskopischen und histologischen Untersuchungen des Pansens keine pathologischen Veränderungen. Das mehrschichtige Epithel mit der Ballonzellschicht im *Str. corneum* weisen lediglich darauf hin, dass auf Grund eines hohen Nährstoffangebotes das Epithel auf intensive Resorption eingestellt ist. Die makroskopische und mikroskopische Untersuchung der Klauen war unauffällig. Auch unspezifische Symptome der subklinischen Pansenazidose, wie oben genannte Abmagerung und Durchfallepisoden traten in der Gruppe der Dybowskihirsche zu keiner Zeit auf. Vergleicht man jedoch die Ration der Dybowskihirsche mit denen der anderen drei Tierarten, fällt auf, dass diese ähnliche, die Wiederkäuergerechtigkeit betreffend sogar noch schlechtere Werte, aufweist (siehe Kapitel 6.5.2).

Die gute Verträglichkeit der rohfasearmen und kohlenhydratreichen Ration kann folgendermassen erklärt werden: Zum einen sind die Dybowskihirsche als einzige der hier untersuchten Tierarten dem Intermediärtyp zugeordnet. Wiederkäuer des Intermediärtyps zeichnen sich durch ihre Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Futterrationen aus (HOFMANN 1989). Sie sind in der Lage rohfasearme Rationen mit hohen Gehalten an leicht verdaulichen Kohlenhydraten zu tolerieren.

Zum anderen handelt es sich bei allen untersuchten Dybowskihirschen um sehr junge Tiere (alle etwa ein Jahr). Da die subklinische Pansenazidose kein akuter Prozess ist, sondern über immer wiederkehrende Phasen entsteht, könnte man davon ausgehen, dass ältere Dybowskihirsche mit oben genannter Futterration über die Jahre ähnliche Veränderungen im Pansen entwickeln.

6.7 Fütterungsempfehlung

Auf Grund der Ergebnisse müssen bei den hier untersuchten Tierarten des Tiergarten Nürnberg die Zusammensetzungen der Futterrationen sowie die Fütterungstechnik verbessert werden.

6.7.1 Gras- und Raufutterfresser

In den Rationen der Hirschziegenantilopen, Mähnspringer und Mendesantilopen muss der Anteil an Kraftfutter verringert und der Anteil an Raufutter, insbesondere Heu, deutlich gesteigert werden. Beim Heu sollte auf eine gute Qualität geachtet werden, damit es für die Tiere schmackhaft ist. Die Menge an Rüben, Karotten und Äpfeln muss reduziert werden, da diese grosse Mengen an leicht verdaulichen Kohlenhydraten, wie Stärke und Zucker, enthalten. Die Verteilung der täglichen Kraftfuttermenge auf möglichst zahlreiche kleine Portionen ist aus logistischer Sicht im Tiergarten Nürnberg schwierig. Die tägliche Aufteilung der Kraftfuttermenge auf mindestens zwei Portionen sollte jedoch angestrebt werden. Vor der Verabreichung dieser Kraftfutterportionen ist es von entscheidender Bedeutung, darauf zu achten, dass die Tiere bereits Heu gefressen haben und somit das Pansenmilieu die leicht verdaulichen Kohlenhydrate aus dem Kraftfutter besser abpuffern kann. Im Anhang (8.3.1, 8.3.2, 8.3.4) befinden sich Rationsberechnungen für verbesserte Rationen.

6.7.2 Intermediärtyp

Die Wiederkäuer des Intermediärtyps zeichnen sich durch ihre ausgeprägte Fähigkeit zur Adaptation an unterschiedliche Futterrationen aus. Obwohl die bisherige Ration der Dybowskihirsche bei den hier untersuchten Tieren keine pathologischen Veränderungen in Bezug auf die subklinische Pansenazidose hervorbrachte, wäre es sinnvoll, nicht zuletzt aus wirtschaftlichem Interesse, die Tendenz dieser Tierart zum Gras- und Raufutterfresser zu berücksichtigen. Eine Reduzierung der Kraftfuttermenge, insbesondere jedoch der Verzicht auf die gedünsteten Kartoffeln, sowie eine Reduzierung der Rübenmenge sollte angestrebt werden. Das Heu sollte proteinreich und rohfaserarm sein. Die Verbesserung der Fütterungstechnik ist wie bei den Gras- und Raufutterfressern ebenfalls von entscheidender Bedeutung. Eine Berechnung für eine verbesserte Ration für die Dybowskihirsche befindet sich im Anhang 8.3.3.

7 Literaturverzeichnis

ANDERSSON L., BERGMAN A. (1980)

Pathology of bovine laminitis especially as regards vascular lesions.

Acta vet. scand. **21**, 559 – 566

ATTI N., KAYOULI C., MAHOUACHI M., GUESMI A., DOREAU M. (2002)

Effect of a drastic and extended underfeeding on digestion in barbary ewe.

Animal feed science and technology **100**, 1 – 14

BACH A., CALSAMIGLIA S., STERN M.D. (2005)

Nitrogen metabolism in the rumen.

J. Dairy Sci. **88**, E9 – E21

BATH I.H., ROOK J.A.F. (1963)

The evaluation of cattle foods and diets in terms of the ruminal concentration of volatile fatty acids.

J. Agric. Sci. **61**, 341 – 348

BECKER M. (1983)

Klauenerkrankungen beim Rind.

Enke Verlag, Stuttgart

BERG R., EDVI P. (1976)

Morphologische Untersuchungen an der Pansenmukosa von Schafen mit gleichzeitigen klinischen Kontrollen bei Fütterung verschiedener Rationstypen.

Arch. Tierernährung **26**, 147 – 157

BERGMANN E.N. (1990)

Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinales tract in various species.

Physiological Reviews **70**, 567 – 590

BHANDARI S.K., OMINSKI K.H., WITTENBERG K.M., PLAIZIER J.C. (2007)

Effects of chop length of alfalfa and corn silage on milk production and rumen fermentation of dairy cows.

J. Dairy Sci. **90**, 2355 – 2366

BREVES G. (2010)

Nahrungsaufnahme und Speichelsekretion.

In: von Engelhardt W. (Hrsg.) *Physiologie der Haustiere*, 332 – 338

Enke Verlag, Stuttgart, 3. Auflage

BREVES G., LEONHARD-MAREK S. (2010)

Verdauungsvorgänge in den Vormägen.

In: von Engelhardt W. (Hrsg.) *Physiologie der Haustiere*, 380 – 389

Enke Verlag, Stuttgart, 3. Auflage

BROSSARD L., MARTIN C., MICHALET-DOREAU B. (2003)

Ruminal fermentative parameters and blood acido-basic balance changes during the onset and recovery of induced latent acidosis in sheep.

Anim. Res. **52**, 513 - 530

BROWN M.S., KREHBIEL C.R., GALYEAN M.L., REMMENG M.D., PETERS J.P., HIBBARD B., ROBINSON J., MOSELEY W.M. (2000)

Evaluation of models of acute and subacute acidosis on dry matter intake, ruminal fermentation, blood chemistry, and endocrine profiles of beef steers.

J. Anim. Sci. **78**, 3155 – 3168

CASSINELLO J. (2002)

Food access in captive ammotragus: the role played by hierarchy and mother-infant interactions.

Zoo Biology **21**, 597 – 605

CLAUSS M., KIEFER B. (2003)

Disgestive acidosis in captive wild herbivores – Implications for hoof health.

Verh.ber. Erkr. Zootiere **41**, 57 – 70

CLEMENS E.T., MALOIY G.M.O., SUTTON J.D. (1983)

Molar proportions of volatile fatty acids in the gastrointestinal tract of east african wild ruminants.

Comp. Biochem. Physiol. **76**, 217 – 224

CLEMENS E.T., MALOIY G.M.O. (1983)

Digestive Physiology of east african wild ruminants.

Comp. Biochem. Physiol. **76**, 319 – 333

COENEN M., KAMPHUES J. (1995)

Ernährungsbedingte Gesundheitsstörungen bei Zoo- und Wildtieren – Spezifische Risiken und klinisch manifeste Erkrankungen.

Verh.ber. Erkr. Zootiere **37**, 251 – 258

DESNOYERS M., GIGER-REVERDIN S., DUVAUX-PONTER C., SAUVANT D. (2009)

Modelling of off-feed periods caused by subacute acidosis in intensive lactationg ruminants: Application to goats.

J.Dairy Sci. **92**, 3894 – 3906

DINGLREITER S. (2000)

Eine Feldstudie über die Fütterung ausgewählter Zoowiederkäuer.

Dissertation (vet. med.), Universität München

DIRKSEN G. (1981)

Indigestionen beim Rind.

Schnetztor Verlag, Konstanz

DIRKSEN G. (1985)

Der Pansenazidose-Komplex – neue Erkenntnisse und Erfahrungen (1).
Tierärztl. Prax. **13**, 501 – 512

DIRKSEN G. (2006A)

Krankheiten von Haube und Pansen beim ruminanten Rind.
In: Dirksen G., Gründer H.-D., Stöber M. (Hrsg.) Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, 396 – 454
Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 5. Auflage

DIRKSEN G. (2006B)

Krankheiten im Bereich der Zehen.
In: Dirksen G., Gründer H.-D., Stöber M. (Hrsg.) Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, 912 – 978
Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 5. Auflage

DRAGOMIR C., SAUVANT D., PEYRAUD J.-L., GIGER-REVERDIN S., MICHALET-DOREAU B. (2008)

Meta-analysis of 0 to 8 h post prandial evolution of ruminal pH.
Animal **2:10**, 1437 – 1448

ELZE K., KRISCHE G., EULENBERGER K., SCHÜPPEL K.-F. (1978)

Pansenazidose und Pansenalkalose bei Zoowiederkäuern.
Verh.ber. Erkrgr. Zootiere **20**, 101 – 107

FAG (EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR VIEHWIRTSCHAFTLICHE PRODUKTION, POSIEUX, SCHWEIZ) 1994

Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer.
Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen, 3. Auflage

FRANCE J., SIDDONS R.C. (1993)

Volatile fatty acid production.
In: Forbes J.M., France J. (Hrsg.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism, 107 – 121
CAB International, Wallingford, UK

GANHAO M.F., HATTINGH J., BRAACK L.E.O., RAATH J.P., PITTS N.I. (1989)

Blood composition of wild animals during immobilization.
S. Afr. J. Sci. **85**, 281 – 282

GEYER (2008)

Äussere Haut.
In: Salomon F.-V., Geyer H., Gille U. (Hrsg.) Anatomie für die Tiermedizin, 633 - 677
Enke Verlag, Stuttgart, 2.Auflage

GOAD D.W., GOAD C.L., NAGARAJA T.G. (1998)

Ruminal microbial and fermentive changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers.

J. Anim. Sci. **76**, 234 – 241

GOFF J.P. (2006)

Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health.

J. Dairy Sci. **89/4**, 1292 – 1301

GREENOUGH P.R. (1990)

Observations on bovine laminitis.

In Practice **12**, 169 - 173

GRUBER A.D. (2007)

Verdauungstrakt.

In: Baumgärtner W. (Hrsg.) Pathohistologie für die Tiermedizin, 148 - 169

Enke Verlag, Stuttgart

GRZIMEK B. (2000)

Grzimeks Tierleben - Enzyklopädie in 13 Bänden.

Unveränderter Nachdruck der dtV Ausgabe 1979/80.

Weltbildverlag, Augsburg

HARGIS A.M., GINN P.E. (2009)

Haut.

In: Mc Gavin M.D., Zachary J.F. (Hrsg.) Pathologie der Haustiere, 991 – 1132

Elsevier GmbH, München

HARMON D.L., BRITTON R.A., PRIOR R.L., STOCK R.A. (1985)

Net portal absorption of lactate and volatile fatty acids in steers experiencing glucose-induced acidosis or fed a 70% concentrate diet ad libitum.

J. Anim. Sci. **60**, 560 – 569

HATT J.-M., HAUSER B., BAUMGARTNER R., ISENBÜGEL E. (1995)

Sektionsergebnisse bei Wiederkäuern im Zoo Zürich – Eine Auswertung unter spezieller Berücksichtigung fütterungsbedingter Erkrankungen.

Verh.ber. Erkr. Zootiere **37**, 259 – 265

HATTINGH J., GANHAO M.F., KRUGER F.J.N., DE VOS V., KAY G.W. (1988)

Remote controlled sampling of cattle and buffalo blood.

Comp. Biochem. Physiol. **89A**, 231 – 235

HOFMANN R.R., STEWART D.R.M. (1972)

Grazer or browser: A classification based on the stomach-structure and feeding habits of east african ruminants.

Mammalia **36**, 226 – 240

HOFMANN R.R. (1976)

Zur adaptiven Differenzierung der Wiederkäuer; Untersuchungsergebnisse auf der Basis der vergleichenden funktionellen Anatomie des Verdauungstraktes.

Der prakt. Tierarzt **6**, 351 – 358

HOFMANN R.R., SCHNORR B. (1982)

Die funktionelle Topographie des Wiederkäuer-Magens.

Enke Verlag, Stuttgart

HOFMANN R.R. (1985)

Digestive physiology of the deer – their morphophysiological specialisation and adaptation.

In: Biology of deer production

The Royal Society of New Zealand, Bulletin **22**, 393 - 407

HOFMANN R.R. (1989)

Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system.

Oecologia **78**, 443 – 457

HOFMANN R.R. (1991A)

Die Wiederkäuer.

Biologie in unserer Zeit **2**, 73 – 80

HOFMANN R.R. (1991B)

Endangered tropical herbivores – their nutritional requirements and habitat demands.

In: Ho Y.W., Wong H.K., Abdullah N., Tajuddin Z.A. (Hrsg.) Recent advances on the nutrition of herbivores, 27 – 34

Malaysia Society of Animal Production, UPM Serdang

HOFMANN R.R. (1995)

Nahrungsauswahl und Spezialisierung des Verdauungsapparates bei Wildwiederkäuern – Ein Haltungsproblem für Zootiere.

Verh.ber. Erkr. Zootiere **37**, 233 – 236

HRISTOV A.N., JOUANY J.-P. (2005)

Factors affecting the efficiency of nitrogen utilization in the rumen.

In: Pfeffer E., Hristov A.N. (Hrsg.) Nitrogen and phosphorous nutrition of cattle, 117 - 166

CAB International, Wallingford, UK

HUMMEL J., STEUER P., SÜDEKUM K.-H., HAMMER S., HAMMER C., STREICH W.J., CLAUSS M. (2008)

Fluid and particle retention in the digestive tract of the addax antelope (*Addax nasomaculatus*) – Adaptions of a grazing desert ruminant.
Comparative Biochemistry and Physiology **149**, 142 – 149

IPPEN R., HENNE D. (1985)

Ein Beitrag zu den Erkrankungen der Cerviden.
Verh.ber. Erkrgr. Zootiere **27**, 7 – 16

IPPEN R., HENNE D. (1988)

Auswertung der Obduktionsbefunde bei 2000 Artiodactyla.
Verh.ber. Erkrgr. Zootiere **30**, 5 – 24

JENSEN K., WOLSTRUP J. (1977)

Effect of feeding frequency on fermentation pattern and microbial activity in the bovine rumen.
Acta vet. Scand. **18**, 108 – 121

JHALA Y.V. (1997)

Seasonal effects on the nutritional ecology of blackbuck Antelope cervicapra.
Journal of Applied Ecology **34**, 1348 – 1358

KAMPHUES J., COENEN M., IBEN C., KIENZLE E., PALLAUF J., SIMON O., WANNER M., ZENTEK J. (2009)

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung.
M. & H. Schaper GmbH, Hannover

KANNAN G., TERRILL T.H., KOUAKOU B., GALIPALLI S. (2007)

Blood metabolite changes and live weight loss following brown seaweed extract supplemetation in goats subjected to stress.
Small Ruminant Research **73**, 228 – 234

KAUFMANN W., ROHR K. (1966)

Ergebnisse gaschromatographischer Bestimmungen der flüchtigen Fettsäuren im Pansen bei unterschiedlicher Fütterung.
Z. Tierphysiol. **23**, 1 – 8

KAY R.N.B. (1983)

Rumen function and physiology.
The Veterinary Record **113**, 6 – 9

KLEEN J.L., HOOIJER G.A., REHAGE J., NOORDHUIZEN J.P.T.M. (2003)

Subacute ruminal acidosis (SARA): a review.
J. Vet. Med. **A50**, 406 – 414

KOZAKI M., OURA R., SEKINE J. (1991)

Studies on digestion physiology of herbivorous feral animals II. The Comparison of intake of total digestible nutrients among diverse sizes of ruminant and monogastric animals.

J. Fac. Agric., Tottori Univ. **27**, 61 – 68

KRAUSE K.M., OETZEL G.R. (2005)

Inducing subacute ruminal acidosis in lactating dairy cows.

J. Dairy Sci. **88**, 3633 – 3639

KRAUSE K.M., OETZEL G.R. (2006)

Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review.

Anim. Feed Sci. Technol. **126**, 215 – 236

KÜPPERS-SONNENBERG G.A. (1947)

Topinambur.

Landbuchverlag GmbH, Hannover

LENG R.A., BRETT D.J. (1966)

Simultaneous measurements of the rates of production of acetic, propionic and butyric acids in the rumen of sheep on different diets and the correlation between production rates and concentrations of these acids in the rumen.

Br. J. Nutr. **20**, 541 – 552

LIEBICH H.-G., DIRKSEN G., ARBEL A., DORI S., MAYER E. (1987)

Fütterungsabhängige Veränderungen der Pansenschleimhaut von Hochleistungskühen im Zeitraum von der Trockenstellung bis acht Wochen post partum.

J. Vet. Med. A34, 661 – 672

LIEBICH H.-G. (2010)

Funktionelle Histologie der Haussäugetiere.

Schattauer Verlag, Stuttgart

LISCHER C., OSSENT P. (1994)

Klaunenrehe beim Rind: eine Literaturübersicht.

Tierärztl. Prax. **22**, 424 – 432

MAIERL J., MÜLLING C. (2004)

Funktionelle Anatomie.

In: Fiedler A., Maierl J., Nuss K. (Hrsg.) Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes, 1 – 28

Schatttauverlag, Stuttgart

MARHOLDT F. (1991)

Fütterungsbedingte, morphologische Veränderungen der Vormagenschleimhaut von 67 Zoo-Wiederkäuern im Vergleich mit wildlebenden Wiederkäuern.

Dissertation (vet. med.), Universität Giessen

MARTENS H. (2010)

Resorptionsvorgänge.

In: Engelhardt W.v. (Hrsg.) Physiologie der Haustiere, 389 – 399

Enke Verlag, Stuttgart, 3. Auflage

MELISSEN A.F.M., ROOYMANS T.P. (1992)

Zoo nutrition management.

Verh.ber. Erkrgr. Zootiere **34**, 233 – 238

MITCHELL G., HATTINGH J., GANHAO M. (1988)

Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter.

Vet. Record **123**, 201 – 205

MONTANO M.F., CHAI W., ZINN-WARE T.E., ZINN R.A. (1999)

Influence of malic acid supplementation on ruminal pH, lactic acid utilization, and digestive function in steers fed high-concentrate finishing diets.

J. Anim. Sci. **77**, 780 - 784

MOMCILOVIC D., HERBEIN J.H., WHITTIER W.D., POLAN C.E. (2000)

Metabolic alterations associated with an attempt to induce laminitis in dairy calves.

J. Dairy Sci. **83**, 518 – 525

MORGANTE M., STELLETTA C., BERZAGHI P., GIANESELLA M., ANDRIGHETTO I. (2007)

Subacute rumen acidosis in lactating cows: an investigation in intensive Italian herds.

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. **91**, 226 – 234

MÜLLING C. (2009)

Klaue (Ungula) der Paarzeher.

In: König H.E., Liebich H.-G. (Hrsg.) Anatomie der Haussäugetiere.

Schattauer Verlag, Stuttgart, 4. Auflage

MÜNCHOW H., EDVI P. (1975)

Einfluss verschiedener Rationstypen auf einige Parameter des Pansen- und Intermediärstoffwechsels beim Schaf.

Arch. Tierernährung **25**, 647 – 655

NAGARAJA T.G., GALYEAN M.L., COLE N.A. (1998)

Nutrition and disease.

Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract. **14/2**, 257 – 277

NAGARAJA T.G., TITGEMEYER E.C. (2007)

Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook

J. Dairy Sci. **90**, E17 – E38

NOCEK J.E. (1997)

Bovine acidosis: implications on laminitis.

J. Dairy Sci. **80**, 1005 – 1028

NORDLUND K.V., GARRETT E.F., OETZEL G.R. (1995)

Herd-based rumenocentesis: A clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis.

The compendium X, 48 – 56

NRC 1981

Nutrition requirements of goats.

National Academic Press, Washington D.C.

NUSS K., STEINER A. (2004)

Erkrankungen von Haut und Hornschuh.

In: Fiedler A., Maierl J., Nuss K. (Hrsg.) Erkrankungen der Klauen und Zehen des Rindes, 77 - 129

Schatttauverlag, Stuttgart

OETZEL G.R. (2004)

Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease.

Vet. Clin. Anim. **20**, 651 – 674

OSSENT P., LISCHER C. (1998)

Bovine laminitis: the lesions and their pathogenesis.

In Practice **20**, 415 – 427

OWENS F.N., SECRIST D.S., HILL W.J., GILL D.R. (1998)

Acidosis in cattle: a review.

J. Anim. Sci. **76**, 275 – 286

PETHICK D.W., HARPER G.S., DUNSHEA F.R. (2005)

Fat metabolism and turnover.

In: Dijkstra J., Forbes J.M., France J. (Hrsg.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism, 345 – 371

PIATKOWSKI B., GÜRTLER H., VOIGT J. (1990)

Grundzüge der Wiederkäuerernährung.

Gustav Fischer Verlag, Jena

PRINS R.A., ROOYMANS T.P., VELDHIJZEN M., DOMHOF M.A., CLINETHEIL W. (1983)

Extend of plant cell wall digestion in several species of wild ruminants kept in the zoo.

Zool. Garten N.F., Jena 53 (6), 393 – 403

PUSCHMANN W. (2004)

Zootierhaltung, Säugetiere.

Verlag Harri Deutsch, Frankfurt a.M., 4.Auflage

REHKÄMPER G. (1999)

Sikahirsch. Hirschziegenantilope.

In: Schröder T., Thiesmeier B. (Hrsg.) Harenberg Enzyklopädie der Tiere, 243 und 561 – 562

Harenberg Lexikon Verlag, Dortmund

ROOKE J.A., ARMSTRONG D.G. (1989)

The importance of the form of nitrogen on microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage and continuous intrarumen infusion of sucrose.

Br. J. Nutr. **61**, 113 – 121

SALOMON F.-V. (2008)

Verdauungsapparat.

In: Salomon F.-V., Geyer H., Gille U. (Hrsg.) Anatomie für die Tiermedizin, 235 – 323
Enke Verlag, Stuttgart, 2.Auflage

SCHNORR B., VOLLMERHAUS B. (1967)

Die Feinstruktur des Pansenepithels von Ziege und Rind.

Zbl. Vet. Med. A **14**, 789 – 818

SCHWARZ F.J. (2008)

Rinderfütterung.

In: Kirchgessner M., Roth F.X., Schwarz F.J., Stangl G.I. Tierernährung, 351 – 499
DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt a.M.

SHIMADA T. (2001)

Nutrient compositions of acorns and horse chestnuts in relation to seed-hoarding.

Ecological Research **16**, 803 – 808

SIMON O. (2008)

Verdauung und Resorption.

In: Jeroch H., Drochner W., Simon O.: Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere,
109 – 132

Eugen Ulmer KG, Stuttgart

SOUCI S.W., FACHMANN W., KRAUT H. (2008)

Food composition and nutritional tables – Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwerttabellen – La composition des aliments, Tableaux des valeurs nutritives.

Medpharm, Taylor & Francis, 7.Auflage

STANGL G.I. (2008)

Die Nährstoffe und ihr Stoffwechsel.

In: Kirchgessner M., Roth F.X., Schwarz F.J., Stangl G.I. Tierernährung, 45 – 132
DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt a.M.

STEGER H., VOIGT J., PIATKOWSKI (1970)

Einfluss der Futterration und des Entnahmezeitpunktes von Pansensaft auf seine Zusammensetzung in Untersuchungen an Kühen.

Arch. Tierernährung **20**, 349 – 359

STEVANS C.E., HUME I.D. (1995)

Comparative physiology of the vertebrate digestive system.

Cambridge University Press, Cambridge, 2nd edition

STONE W.C. (2004)

Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle.

J. Dairy Sci. **87**, E13 – E26

TANGERMAN A., NAGENGAST F.N. (1996)

A gas chromatographic analysis of fecal short-chain fatty acids, using the direct injection method.

Analytical Biochemistry **236**, 1 – 8

TATARUCH F., ONDERSCHEKA K. (1993)

Gehalt an Ammoniak und flüchtigen Fettsäuren im Pansensaft von Rot-, Reh-, und Gamswild.

Wien. Tierärztl. Mschr. **80**, 269 – 274

TIERGARTEN DER STADT NÜRNBERG (HRSG.) (2007)

Der Wegweiser durch den Tiergarten Nürnberg.

ULBRICH M., HOFFMANN M., DOCHNER W. (2004)

Fütterung und Tiergesundheit.

Eugen Ulmer, Stuttgart

VAN HOVEN W., BOOMKER E.A. (1985)

Digestion.

In: Hudson R.J., White R.G. (Hrsg.) Bioenergetics of wild herbivores, 104 – 117
CRC Press Inc.

VON SANDERSLEBEN J., DÄMMRICH K., DAHME E. (2005)

Pathologische Histologie der Haustiere

Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 3.Auflage

VAN SOEST P.J. (1967)

Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages.

J. Anim. Sci. **26**, 119 – 1125

VAN SOEST P.J. (1982)

Nutritional ecology of the ruminant.
O+B Books Corvallis, OR

VOLLMERHAUS B., ROOS H. (2004)

Speiseröhre, Magen, Darm, Darmanhangsdrüsen.
In: Nickel R., Schummer A., Seiferle E. (Begr.) Lehrbuch der Anatomie der Haustiere
Band II, 103 – 213,
Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 9.Auflage

ZENKER W., HUBER J., ALTENBRUNNER-MARTINEK B. (2004)

Erhebung von Pansen-ph und der Klauengesundheit bei Wildwiederkäuern.
Tagungsbericht der 24. Arbeitstagung der Zootierärzte im deutschsprachigen Raum,
Zoolog. Garten Wuppertal, 107 – 110

8 Anhang

8.1 Gehalt an Trockensubstanz und Nährstoffen (in % der TS) der verwendeten Futtermittel

Futtermittel	TS	Ra	Rp	Rfa	Rfe ¹	NfE	NDF	ADF	ADL
Äpfel	16,00	2,50	2,21	7,81	1,56	85,92	12,63	-	-
Gras	18,00	9,44	15,00	24,44	3,89	47,22	50,00	30,56	4,17
Grascops	90,67	14,42	12,48	21,74	3,64	47,71	50,13	27,77	4,31
Haferflocken	88,70	2,13	14,59	1,59	8,04	73,65	16,08	15,88	1,53
Heu	89,40	8,98	11,34	28,27	2,35	49,07	59,05	33,65	4,27
Karotten	11,60	10,34	10,00	9,91	1,72	68,02	31,29	-	-
Kartoffeln	22,58	5,39	8,96	2,53	0,46	82,66	9,72	5,61	1,12
Kleie	87,11	6,07	17,69	11,96	4,02	60,26	52,89	15,88	4,64
Kofu	88,92	9,81	19,82	12,20	3,09	55,08	37,29	16,33	3,88
Kofu+ Maiscops	90,44	6,94	11,93	17,18	2,76	61,18	43,53	21,84	3,54
Maisblätter	40,25	10,21	12,15	22,75	2,30	52,59	50,79	27,64	4,21
Maiscops	91,33	6,52	9,01	20,52	2,30	61,65	49,30	26,11	3,64
Quetschhafer	89,30	2,74	11,33	12,67	4,93	68,33	31,42	14,03	1,98
Rüben	13,12	7,39	6,78	4,97	0,38	80,47	9,74	10,29	3,00
Savannenfutter	89,36	10,45	22,18	11,46	2,52	53,39	34,21	15,25	3,72
Speedi beets	88,28	8,51	8,52	19,31	0,79	62,87	52,11	26,66	3,43
Topinamburblätter	45,11	9,28	5,25	18,98	1,10	65,39	29,62	22,83	5,06
Ziegenpellets	87,22	10,62	18,31	19,13	3,44	48,51	46,79	24,22	6,41

¹ Für die Rohfettgehalte wurde der Mittelwerte aus folgenden Literaturangaben herangezogen:
KAMPHUES et al. (2009); SOUCI et al. (2008); FAG (1994); KÜPPERS-SONNENBERG (1947)

8.2 Schätzwerte der Tierbestände zum Zeitpunkt der Futterwägung

8.2.1 Hirschziegenantilopen

Sommer

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
1	m	2 Mo.	9	5,20
2	m	4-5 Mo.	15	7,62
3	w	3-5 Mo.	11	6,04
2	w	1 J.	15	7,62
2	w	2 J.	22	10,16
2	w	4-6 J.	27	11,84
3	w	8-10 J.	30	12,82
2	w	14 J.	26	11,51
17			342	159,29

Winter

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
1	m	7 Mo.	15	7,62
2	m	10 Mo.	19	9,10
3	w	10 Mo.	14	7,24
2	w	1 J.	15	7,62
2	w	2 J.	22	10,16
2	w	4-6 J.	27	11,84
3	w	8-10 J.	30	12,82
2	w	14 J.	26	11,51
17			365	168,27

8.2.2 Mährenspringer

Sommer

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
2	m	8-9 Mo.	26	11,51
3	w	6-8 Mo.	22	10,16
1	m	12-18 Mo.	44	17,08
2	w	12-18 Mo.	26	11,51
1	m	3 J.	100	31,62
1	w	4 J.	48	18,24
1	m	5 J.	122	36,71
3	w	5-6 J.	48	18,24
1	w	9 J.	48	18,24
15			676	253,13

Winter

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
3	m	12-18 Mo.	44	17,08
5	w	12-18 Mo.	26	11,51
1	m	3 J.	100	31,62
1	w	4 J.	48	18,24
1	m	5 J.	122	36,71
3	w	5-6 J.	48	18,24
1	w	9 J.	48	18,24
15			724	268,33

8.2.3 Dybowskihirsche

Sommer

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
6	m	4-5 Mo.	43	16,79
1	w	4 Mo.	40	15,91
5	m	12-18 Mo.	67	23,42
2	w	12-18 Mo.	55	20,20
4	w	3 J.	60	21,56
3	w	6 J.	63	22,36
1	m	9 J.	100	31,62
2	w	8-9 J.	63	22,36
3	w	11-14 J.	65	22,89
27			1593	572,48

Winter

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
6	m	8-9 Mo.	55	20,20
1	w	8 Mo.	50	18,80
3	m	12-18 Mo.	67	23,42
2	w	12-18 Mo.	55	20,20
4	w	3 J.	60	21,56
3	w	6 J.	63	22,36
1	m	9 J.	100	31,62
2	w	8-9 J.	63	22,36
3	w	11-14 J.	65	22,89
25			1541	548,97

8.2.4 Mendesantilopen

Sommer

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
1	w	6 Mo.	36	14,70
1	m	9 Mo.	55	20,20
2	w	4 J.	90	29,22
1	w	7 J.	95	30,43
1	m	9 J.	110	33,97
6			476	101,91

Futterwägung pro Tier (ausser Heu und Gras):

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
2	w	4J. + Jungtier	130	38,50
2			130	38,50

Winter

Futterwägung pro Tier:

n	Geschlecht	Alter	KM (kg)	$KM^{0,75} (kg^{0,75})$
2	w	4J. + Jungtier	130	38,50
2			130	38,50

8.3 Berechnete Rationen

8.3.1 Hirschziegenantilopen

Berechnete Tagesration im Sommer für n = 17

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	2,3	2056	185	233	581	48	1009	1214	692	88
Gras	7,8	1404	133	211	343	55	663	702	429	59
Savannenfutter	8,1	7238	757	1605	829	182	3864	2476	1104	269
Kofu	0,9	800	79	159	98	25	441	298	131	31
Hafer	1,7	1518	42	172	192	75	1037	477	213	30
Kleie	1,3	1132	69	200	135	46	682	599	180	53
Äpfel	2,2	352	9	8	28	6	302	44	0	0
Karotten	2,2	255	26	26	25	4	174	80	0	0
Summe	26,5	14728	1300	2614	2231	441	8172	5890	2749	530

Berechnete Tagesration im Winter für n = 17

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	3,3	2950	265	334	834	69	1447	1742	993	126
Savannenfutter	7,1	6344	663	1407	727	160	3387	2170	968	236
Kofu	3,3	2934	288	582	358	91	1616	1094	479	114
Hafer	2,9	2590	71	293	328	128	1770	814	363	51
Kleie	3,0	2613	159	462	313	105	1575	1382	415	121
Rüben	5,4	708	52	48	35	3	570	69	73	21
Äpfel	2,4	384	10	8	30	6	330	48	0	0
Karotten	2,4	278	29	28	28	5	189	87	0	0
Summe	29,8	18801	1537	3162	2653	567	10884	7406	3291	669

8.3.2 Mähenspringer

Berechnete Tagesration im Sommer für n = 15

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	11,2	10012	899	1135	2831	235	4913	5912	3370	428
Gras	19,1	3438	325	516	840	134	1624	1719	1051	143
Topinambur- blätter	1,2	483	49	59	110	11	254	245	134	20
Maisblätter	2,3	1038	96	55	197	11	679	307	237	184
Ziegenfutter	1,030	898	95	164	172	31	436	420	218	58
Kofu	1,380	1227	120	243	150	38	676	458	200	48
Kleie	0,604	526	32	93	63	21	317	278	84	24
Summe	36,814	17622	1616	2265	4363	481	8899	9339	5294	905

Berechnete Tagesration im Winter für n = 15

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	18,1	16181	1453	1834	4574	380	7939	9555	5445	691
Ziegenfutter	1,469	1281	136	235	245	44	621	600	310	82
Kofu	1,380	1227	120	243	150	38	676	458	200	48
Kleie	0,850	740	45	131	89	30	446	392	118	34
Haferflocken	0,389	345	7	50	5	28	254	55	10	5
Rüben	4,8	630	47	43	31	2	507	61	65	19
Summe	26,988	20404	1808	2536	5094	522	10443	11121	6148	879

8.3.3 Dybowskihirsche

Berechnete Tagesration im Sommer für n = 27

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	1,3	1162	104	132	329	27	570	686	391	50
Gras	35,0	6300	595	945	1540	245	2975	3150	1925	263
Kofu + Maiscope	10,8	9768	678	1165	1679	270	5976	4252	2133	345
Quetschhafer	2,8	2500	68	283	317	123	1709	786	351	50
Kleie	3,5	3049	185	539	365	123	1837	1612	484	141
Kartoffeln	2,9	655	35	59	17	3	541	64	37	7
Summe	56,3	23434	1665	3123	4247	791	13608	10550	5321	856

Berechnete Tagesration im Winter für n = 25

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	5,6	5006	450	567	1415	118	2456	2956	1685	214
Kofu + Maiscope	9,2	8321	577	993	1430	230	5091	3622	1817	294
Quetschhafer	3,8	3393	93	385	430	167	2319	1066	476	67
Kleie	4,5	3920	238	693	469	158	2362	2073	622	182
Rüben	52,3	6861	507	465	341	26	5521	668	706	206
Summe	75,4	27501	1865	3103	4085	699	17749	10385	5306	963

8.3.4 Mendesantilopen

Berechnete Tagesration im Sommer für n = 1 + Jungtier

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	1,6	1430	128	162	404	34	702	845	481	61
Gras	0,8	144	14	22	35	6	68	72	44	6
Kofu	0,303	269	26	53	33	8	148	100	44	10
Maiscops	0,060	55	4	5	11	1	34	27	14	2
Speedi beets	0,053	47	4	4	9	0	29	24	12	2
Haferflocken	0,032	28	1	4	0	2	21	5	1	0
Äpfel	0,292	47	1	1	4	1	40	6	0	0
Karotten	0,316	37	4	4	4	1	25	11	0	0
Summe	3,456	2057	182	255	500	53	1067	1090	596	81

Berechnete Tagesration im Winter für n = 1 + Jungtier

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	2,0	1788	161	203	505	42	877	1056	602	76
Kofu	0,235	209	20	41	25	6	115	78	34	8
Grascops	0,140	127	18	16	28	5	61	64	35	5
Maiscops	0,059	54	4	5	11	1	33	27	14	2
Speedi beets	0,027	24	2	2	5	0	15	12	6	1
Haferflocken	0,051	45	1	7	1	4	33	7	1	1
Äpfel	0,303	48	1	1	4	1	42	6	0	0
Karotten	0,261	30	3	3	3	1	21	9	0	0
Summe	3,076	2325	210	278	582	60	1197	1259	692	93

8.4 Rationsvorschläge

8.4.1 Hirschziegenantilopen

Empfohlene Tagesration im Sommer für n = 17

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	9,0	8046	722	912	2275	189	3948	4751	2708	344
Luzerneheu	1,0	860	110	142	280	18	310	400	290	50
Gras	8,0	1440	136	216	352	56	680	720	440	60
Savannenfutter	1,0	894	93	198	102	23	477	306	136	33
Kofu	1,0	889	87	176	108	28	490	332	145	35
Summe	20,0	12129	1148	1644	3117	314	5905	6509	3719	522

Empfohlene Tagesration im Winter für n = 17

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	11,0	9834	883	1115	2780	231	4825	5807	3309	420
Luzerneheu	1,0	860	110	142	280	18	310	400	290	50
Savannenfutter	1,0	894	93	198	102	23	477	306	136	33
Kofu	1,0	802	87	176	108	28	490	332	145	35
Rüben	2,0	243	19	18	13	1	211	26	27	8
Summe	16,0	12633	1192	1649	3283	301	6313	6871	3907	546

8.4.2 Mähenspringer

Empfohlene Tagesration im Sommer für n = 15

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	15,0	13410	1204	1520	3791	315	6579	7918	4513	573
Gras	10,0	1800	170	270	440	70	850	900	550	75
Topinambur- blätter	1,0	403	41	49	92	9	212	204	111	17
Maisblätter	1,0	451	42	24	86	5	295	134	103	80
Ziegenfutter	1,0	872	93	160	167	30	423	408	211	56
Kofu	1,0	889	87	176	108	28	490	332	145	35
Summe	29,0	17825	1637	2199	4684	457	8849	9896	5633	836

Empfohlene Tagesration im Winter für n = 15

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	20,0	17879	1605	2027	5055	420	8773	10558	6017	764
Ziegenfutter	1,0	872	93	160	167	30	423	408	211	56
Kofu	1,0	889	87	176	108	28	490	332	145	35
Summe	22,0	19640	1785	2363	5330	478	9686	11298	6373	855

8.4.3 Dybowskihirsche

Empfohlene Tagesration im Sommer für n = 27

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	15,0	13410	1204	1520	3791	315	6579	7918	4513	573
Luzerneheu	8,0	6880	880	1136	2240	144	2480	3200	2320	400
Gras	30,0	5400	510	810	1320	210	2550	2700	1650	225
Kofu	5,5	4891	480	969	596	151	2694	1824	798	190
Summe	58,5	30581	3074	4435	7947	820	14303	15642	9281	1388

Empfohlene Tagesration im Winter für n = 25

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	15,0	13410	1204	1520	3791	315	6579	7918	4513	573
Luzerneheu	12,0	10320	1320	1704	3360	216	3720	4800	3480	600
Kofu	6,0	5335	523	1057	651	165	2939	1990	871	207
Rüben	6,0	787	58	53	39	3	633	77	81	24
Summe	39,0	29852	3105	4334	7841	699	13871	14785	8945	1404

8.4.4 Mendesantilopen

Empfohlene Tagesration im Sommer für n = 1 + Jungtier

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	1,5	1341	120	152	379	32	658	792	451	57
Luzerneheu	0,5	430	55	71	140	9	155	200	145	25
Gras	0,4	72	7	11	18	3	34	36	22	3
Kofu	0,400	356	35	70	43	11	196	133	58	14
Speedi beets	0,150	132	11	11	26	1	83	69	35	5
Summe	2,95	2331	228	315	606	56	1126	1230	711	104

Empfohlene Tagesration im Winter für n = 1 + Jungtier

Futtermittel	Menge kg	Ts g	Ra g	Rp g	Rfa g	Rfe g	NfE g	NDF g	ADF g	ADL g
Heu	1,7	1520	136	172	430	36	746	897	511	65
Luzerneheu	0,6	516	66	85	168	11	186	240	174	30
Kofu	0,400	356	35	70	43	11	196	133	58	14
Speedi beets	0,150	132	11	11	26	1	83	69	35	5
Summe	2,85	2524	248	338	667	59	1211	1339	778	114

Präsentationen

Teile der vorliegenden Arbeit wurden auf folgenden Tagungen vorgestellt:

SCHILCHER B., BAUMGARTNER K., LIESEGANG A. (2010): Investigations on rumen and claw health of different wild ruminants according to the feeding management.

6th European Zoo Nutrition Conference, Barcelona, Spanien

Vortrag

SCHILCHER B., BAUMGARTNER K., LIESEGANG A. (2010): Investigations on rumen and claw health of different wild ruminants related to subacute ruminal acidosis.

Second Joint International Conference on Diseases of Zoo and Wild animals, Madrid, Spanien

Posterpräsentation (1.Preis)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen herzlich danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen und mich in dieser Zeit unterstützt haben:

Meiner Referentin **PD Dr. Annette Liesegang** für die Überlassung des interessanten Themas, die fachliche Unterstützung, die gewissenhafte Durchsicht dieser Arbeit und die gute Zusammenarbeit.

Dr. Katrin Baumgartner für die fachkundige und tatkräftige Betreuung am Tiergarten Nürnberg.

Prof. Dr. Hans Geyer für die Übernahme des Korreferates, die Unterstützung bei der Untersuchung der Klauen und die sorgfältige Durchsicht dieser Arbeit.

Prof. Dr. Marcel Wanner für die Möglichkeit diese Arbeit am Institut für Tierernährung durchzuführen.

Dem Direktor des Tiergarten Nürnberg, **Dr. Dag Encke**, für die Möglichkeit die Untersuchungen für diese Arbeit im Tiergarten Nürnberg durchzuführen.

Barbara Schneider und **Ines Mittner** vom Institut für Tierernährung, sowie **Jocelyne Leclerc** und **Elisabeth Hoegger** vom Veterinär-anatomischen Institut für deren Hilfe und Unterstützung bei den Laborarbeiten.

Den MitarbeiterInnen des veterinärmedizinischen Teams, **Gabriele Foth**, **Simone Ott**, **Dr. Bernhard Neurohr**, den Inspektoren **Uwe Wittmann** und **Max Reinhard**, den **TierpflegerInnen** aus den beteiligten Revieren sowie den **Mitarbeitern vom Futterhof** des Tiergarten Nürnberg für ihre Hilfe und Unterstützung.

Martin Lang, **Steffi Schilcher** und **Swantje Titschack** für die Assistenz bei der Probenentnahme.

Dr. Kerstin Sidler für die Wohngelegenheit in Zürich und die stets tatkräftige und freundschaftliche Hilfe bei der Organisation meiner Zürich-Aufenthalte.

Allen **MitdoktorandInnen** sowie **Dr. B. Wichert**, **Dr. Kathrin Bühler**, **Gabriela Eger** und **Rita Kant** für die gute Zusammenarbeit am Institut für Tierernährung.

Meinem Chef **Dr. Fritz Karbe** für die grosszügige und unkomplizierte Urlaubsregelung bezüglich meiner Zürich-Aufenthalte.

Dr. Carolin Schreiber für das gewissenhafte Korrekturlesen dieser Arbeit.

Meinem Freund **Martin Lang**, meiner **Familie** und all meinen **Freunden** für die liebevolle Unterstützung zu jeder Zeit.

Curriculum vitae

Name, Vornamen Schilcher, Barbara Rita

Geburtsdatum 28.Juni 1982

Geburtsort Karlsruhe, Deutschland

Nationalität Deutsch

1988-1992 Grundschule Schwaig, Deutschland

1992-1999 Gymnasium Röthenbach an der Pegnitz, Deutschland

1999-2001 Maria-Ward-Gymnasium Nürnberg, Deutschland

2001 Allgemeine Hochschulreife

2001–2007 Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München, Deutschland

2007 Approbation als Tierärztin

2007-2010 Externe Doktorandin am Institut für Tierernährung der Vetsuisse Fakultät, Universität Zürich

seit 04/2007 Anstellung als Tierärztin in der Exotenpraxis von Dr. Karbe, Nürnberg, Deutschland

Mai 2010